Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada

Agriculture Canada

Publication 1495/E

Canada

PUBLICATION 1495E, available from
Communications Branch, Agriculture Canada,
Ottawa K1A 0C7

©Minister of Supply and Services Canada 1984
Cat. No. A53—1495/1984E ISBN: 0-662-12857-5
Printed 1972 Revised 1984 6M—2:84

Également disponible en français sous le titre
*L'élevage de la décongeuse de la luzerne
(mdgacheile) dans l'ouest du Canada.*

84- 3533 /

Contents

Introduction 4

Alfalfa seed grower associations 4

Natural history 5

Management 13

Obtaining bees and handling them on arrival 13
Equipment 13
Hives 14
Decontamination of hives and bee cells 19
Controlled-temperature room 21
Incubation trays 25
Shelters 27
Second-generation bees 34
Removal of hives from the field 36
Cell remover 36
Tumbler 37
Estimating production 40
Bee protection 41

Parasites and predators 42

Pteromalus venustus Walker 42
Monodontomerus obscurus Westwood 44
Melittobia chalybii Ashmead 45
Dibrachys confusus (Girault) 45
Coelioxys, cuckoo bees 46
Vitula edmandsae serratilineella Ragonot, driedfruit moth 47
Nemognatha lutea Le Conte, brown blister beetle 48
Stored-product beetles 49
Other parasites and predators 50
Control 50

Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada

K. W. Richards
Research Station, Lethbridge, Alberta

Introduction

The alfalfa leafcutter bee, *Megachile rotundata* (Fabricius), is the only bee in Western Canada that can be relied upon to efficiently and effectively pollinate alfalfa. Several bee species, including bumble bees and native leafcutter bees, are efficient pollinators, but their populations fluctuate widely from year to year. Also, their populations have decreased because nesting habitats were reduced or destroyed by land clearing, refuse burning, soil cultivation, and irrigation. Thus, there are not enough native pollinators to adequately pollinate alfalfa. With the introduced alfalfa leafcutter bee, alfalfa seed can be produced economically wherever the bee can thrive and where growing and harvesting conditions are good for alfalfa.

The loose-cell system of leafcutter bee management was developed to manage the large populations of bees required to pollinate the crop. This system enables easy removal of the bee cells from laminated grooved nesting materials for storage over the winter, without destroying the nesting material. The system enables control of parasites and predators through various management procedures, including hive construction, incubation, and removal and tumbling of cells from the hives. It also makes efficient use of cold storage and incubation facilities to synchronize bee emergence with the beginning of flower bloom. The system permits beekeepers to take samples of cells from their current production to accurately estimate numbers of intact cocoons, females, and parasites. By these estimates, improvements in beekeeping practices can be monitored and guidelines provided when bees are bought, sold, exported, and rented by alfalfa-seed growers. Although the loose-cell system of bee management requires substantial financial investment in specialized equipment and demands intensive and proper handling of bees, careful managers realize profits from the sale of excess bees that are often equal to the sale of the seed.

Alfalfa seed grower associations

Alfalfa seed grower associations in the provinces of Alberta, Saskatchewan, and Manitoba provide information on alfalfa seed production

and on leafcutter bee management through annual meetings, field days, and newsletters. Problems concerning seed and bee production are discussed and recommendations affecting the industry are made to appropriate authorities. The associations provide lists of beekeepers who have bees for sale. A common objective of these organizations is to provide guidelines for the Canadian Leafcutter Bee Cocoon Testing Centre. This is done by monitoring the quality of bees and attempting to establish grading and selling standards.

Natural history

The genus *Megachile* includes all so-called leafcutter bees that make nests with pieces of leaves or petals but does not include species that use resin, mud, or other such materials. There are about 115 species of leafcutter bee in North America, of which about 22 species occur in Western Canada. The alfalfa leafcutter bee is of Eurasian origin. It is smaller than native leafcutter bees and the scopa, the pollen-collecting hairs on the underside of the female's abdomen, is silvery gray. Other female leafcutter bees usually have a golden, tan, or black scopa. Female alfalfa leafcutter bees (Fig. 1) are larger than males, have a pointed oval-shaped abdomen that contains a sting and parallel rows of conspicuous pollen-collecting hairs, and a few gray hairs on the face. The male (Fig. 1) has a straight-sided truncated abdomen, no pollen-collecting hairs, considerable yellow hair on the face, and slightly longer antennae.

All leafcutter bees are solitary by nature, although the alfalfa leafcutter bee is also gregarious. At the hives, the female makes her own nest or nests, collects provisions, lays eggs in the cells, and has little interaction with other females of either her own generation or the daughter generation. The inclination of the alfalfa leafcutter bee to live close to neighbors is one of the main reasons why it can be domesticated. Other reasons for easy domestication are as follows: it will live in man-made dwellings; beekeepers can synchronize bee emergence with beginning of flower bloom; and the bee does not forage far from its hive, as do honey bees or bumble bees. Some of our native leafcutter bees will live in man-made dwellings, but they are not gregarious, and even if they are present in considerable numbers, they will not stay where they are placed.

Emergence of adults from prepupae stored over the winter at 5°C and incubated at 30°C begins on the 20th day of incubation and ends on the 31st day. About 50% of males emerge before the females begin to appear (Fig. 2); emergence of males peaks on the 22nd day and of females on the 24th and 25th days. By the 25th and 27th days, 95% of the males and females, respectively, have emerged. The beginning and length of the emergence period, the sequence of emergence of the sexes, and the rate of prepupae mortality vary with the temperature that prepupae are exposed to before storage, the winter storage temperature, and the length of storage. Cocoons cannot be stored for a second year.

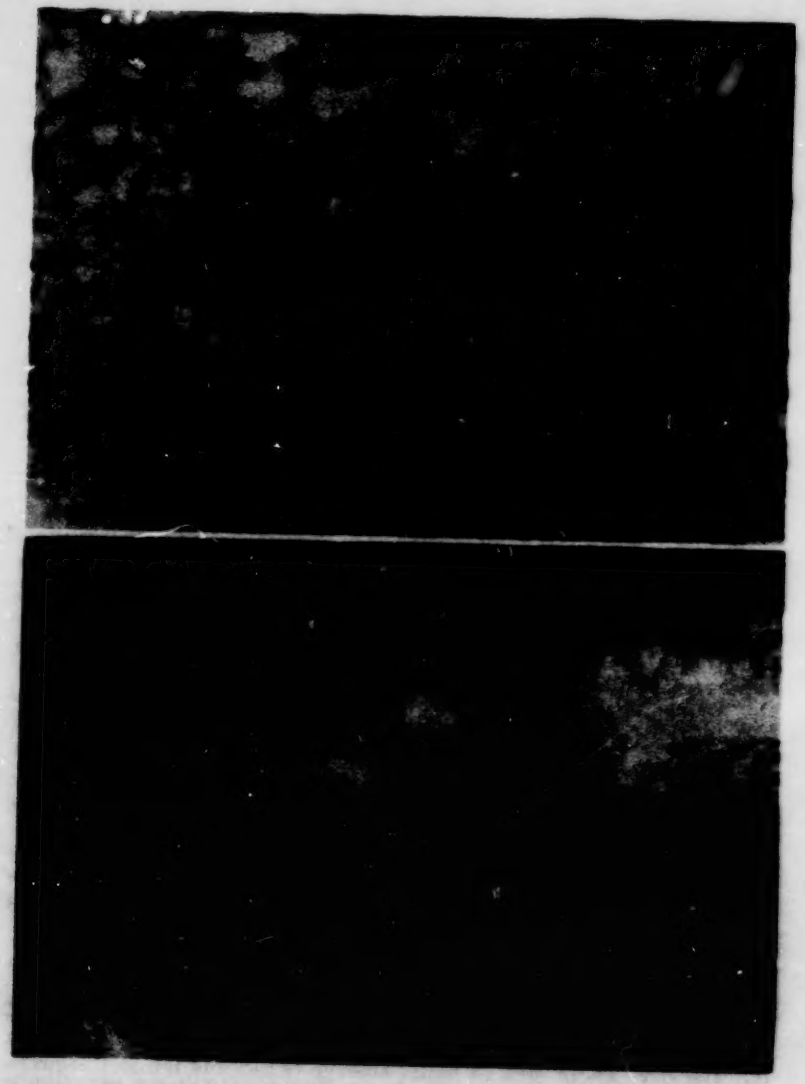


Fig. 1 *Megachile rotundata* (Fabricius), alfalfa leafcutter bee; female (*above*) and male (*below*).

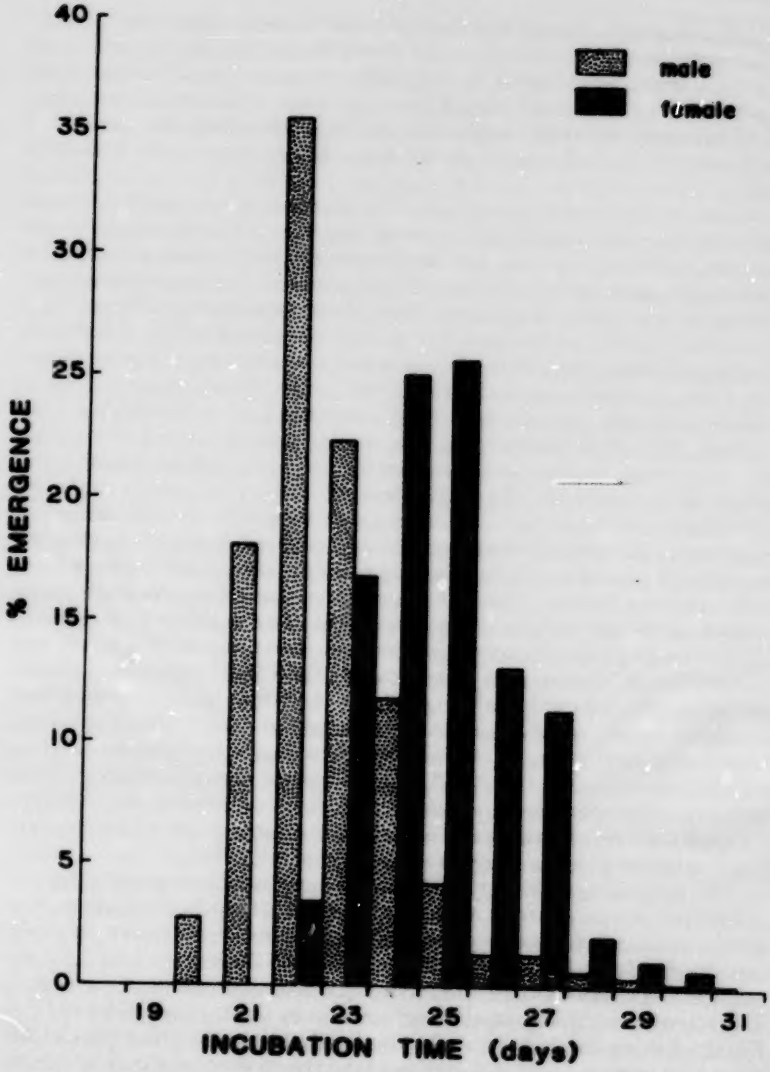


Fig. 2 Emergence pattern of alfalfa leafcutter bees incubated at a constant 30°C until emergence is complete.

Females mate soon after they emerge from their cocoons. Females mate only once, but males can mate several times. Females retain enough sperm in their spermatheca, an organ that stores sperm, to fertilize all the eggs they are capable of laying. Eggs begin to develop soon after mating. While the eggs develop, the females feed on both pollen and nectar, find and orient to a suitable nesting tunnel, and begin construction of the first cell.

To construct and provision a cell, the female leafcutter bee must select, cut, transport, and place suitable leaf material in the tunnel as well as collect pollen and nectar. Females prefer soft and pliable leaves to harsh and turgid ones, and readily use alfalfa leaves and flowers as well as other plants, such as clover, buckwheat, roses, lamb's-quarters, and sage. They sometimes partly or completely cut and discard several leaves before finding a suitable piece. Females cut leaves with their mandibles and hold them next to their body with their legs (Fig. 1). The average weight of a female leafcutter bee is about 35 mg; a bee cuts loads of leaf pieces equal to about 17% of its body weight. The size of a piece of cut leaf probably depends upon the pivot point used by the bee while cutting the piece and would be the same for all types of leaves.

The front end of the leaf piece is pinched between the mandibles as it is carried to the tunnel. Several oval leaf-pieces are taken to the back of the tunnel and placed in overlapping layers, forming a thimble-shaped cell with a concave bottom. The leaf pieces are cemented together by either a salivary secretion or juices from the leaves. The number of leaf pieces used to make each cell varies with the diameter of the tunnel. In tunnels that are 6.4 or 7.2 mm in diameter, about 14 or 16 leaf pieces, respectively (range: 8–27), are used to make a thimble. An additional two or three leaf pieces form the cap, which is cut and attached to the cell after egg laying. Females nesting in large holes usually use up to 37 leaf pieces to reduce the cell size so that it fits the dimensions of the tunnel. Edges of these leaves are often flared and poorly attached to other leaves. Females almost always finish constructing a cell before provisioning it. Under ideal foraging conditions a cell is constructed in about 2½ hours.

In collecting provisions the alfalfa leafcutter bee prefers several pollen and nectar sources, accepting alfalfa readily when it is the closest and most abundant. It also pollinates sweetclover, alsike clover, sainfoin, birdsfoot trefoil, and cicer milkvetch. On alfalfa flowers the females force apart the keel, insert their tongue into the corolla, and suck the nectar. The stamens and pistil, held under tension by the keel, are released and flip up, hitting the female under the head and on the front part of the thorax between the legs. Pollination of the flower then occurs. The female collects pollen by transferring it from forelegs to middle legs to hind legs and to the scopa. Females often crawl from one flower to the next on the same raceme before transferring pollen. Females returning to the nest enter head first, regurgitate the nectar, somersault in the tunnel, back up to the provisions, clean the pollen from the scopa with rapid hind-leg movements, and tamp the pollen–nectar paste into position with the tip of the abdomen.

Females collect about 80% pollen and 20% nectar in their first load of provisions, increasing the amounts of nectar in subsequent loads. The final load or two is entirely nectar. Since a female gathers different amounts of nectar on each trip, she probably returns to the nest when a certain load weight is reached, rather than when her honey stomach is full of nectar. Maximum provision loads are about 23% of female body weight. The total provisions for each cell consist of about two-thirds nectar and one-third pollen, and are collected over 15–27 provisioning trips. The amount of provision and size of progeny are related to the tunnel diameter, not to the size of the mother bee. Cells that produce females are provided with more food than those that produce males, and thus females grow larger. Under ideal foraging conditions, it takes a female as long as 5 hours to provision a cell.

The number of flowers visited per trip, the time spent flying from flower to flower and at each flower, and the number of flowers tripped per unit time are influenced by weather conditions (i.e., temperature and light intensity), agronomic practices (i.e., plant or flower density and irrigation), and alfalfa cultivar. Females have been observed to visit from five flowers per minute under cool, partly cloudy weather conditions in a thin plant density, to 25 flowers per minute under hot, clear conditions in a thick plant density. Each flower visit averaged approximately four times longer under the first condition, but the percentage of flowers pollinated under both conditions was similar.

The first eggs are laid within 7 days of placing the bees in the field. It usually takes less than 1 minute for the egg to be inserted into the nectar–pollen paste. After the first cell is finished in a tunnel, the female immediately begins construction of the next cell and continues until the tunnel is nearly filled. Depending upon tunnel length, from 8 to 12 cells are constructed in a tunnel (Fig. 3).

The female almost always lays female eggs in the inner cells and male eggs in the outer cells of each tunnel. When the tunnel is filled with cells, 10–50 circular leaf pieces are cemented together and form a solid plug, which usually lies flush with the tunnel entrance. This plug is probably provided by the female to protect her offspring from parasites, predators, and inclement weather.

The time required for egg and larval development depends on temperature. At 15°C it takes 15 days for eggs to hatch and 35 days for larvae to reach the prepupal stage, whereas at 30°C it takes 2–3 days for eggs to hatch and 11 days for larvae to reach the prepupal stage (Fig. 4). The diet of the larvae is initially high in nectar or soluble carbohydrates. As the larvae develop through four instars, the pollen content of their diet increases. Larval weight increases rapidly between 5 and 8 days after egg hatch at 28°C and maximizes in 11 days. Larval mortality occurs mainly in the first or second instar and is often associated with extended duration of temperatures over 26°C or long, cold periods that prevent feeding.

The larvae move about inside the cell. Early in development, the head is in the food but after spinning silk the head is at the cap end. The larvae consume almost all the provisions, deposit a ring of dry fecal pellets

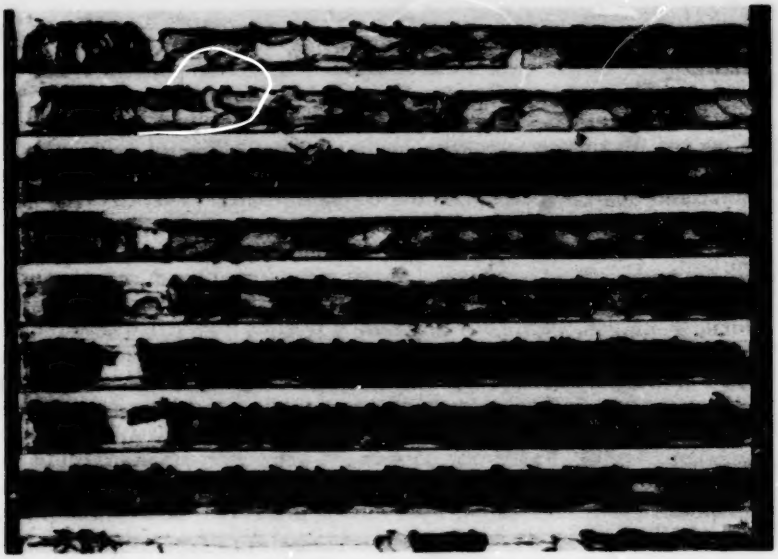


Fig. 3 Cells made of leaf pieces in tunnels made with grooved boards.

Fig. 4 Cells cut open to show egg (*left*), young larva feeding (*middle*), and prepupa (*right*).

beneath the leaf pieces in the cap, and spin a tough silken cocoon to separate themselves from the contamination. The bee overwinters as a prepupa in this cocoon.

In spring and early summer or after the prepupae are removed from storage over the winter and placed in an incubator, they are completely white (Fig. 4); later the eyes turn pink, then black (Fig. 5) and finally the whole pupa turns grayish black. About 7 days later, the adult bee emerges by chewing out of the cocoon. The sex ratio is influenced by both length and diameter of the nesting hole, but favors males about 2:1.

Temperature and light intensity influence the beginning of flight of males and females. They start foraging under conditions of low temperature and high light intensity or vice versa. When the leafcutter bee was first imported into Western Canada in 1962, it started pollinating alfalfa only when the temperature reached 21°C, which was considered a limitation on the bee's usefulness. In recent years, the bee has evolved so that several individuals now start pollinating at 18°C. Thus, by adapting to new conditions, the bee has become more widely used to pollinate alfalfa. However, high, uniform seed yields and bee production are more consistently attained in those areas with the greatest total heat units. Peak flight occurs during midday and at high temperatures. Decreasing light intensity appears to be the main factor that ends daily foraging, even though summer temperatures during early evening are often above 20°C. Females usually return to nesting tunnels at night in the southern parts of Canada, but in the Peace River area they sometimes remain in the field. Males often remain in the field overnight in groups or return to aggregate in cracks in the shelter.

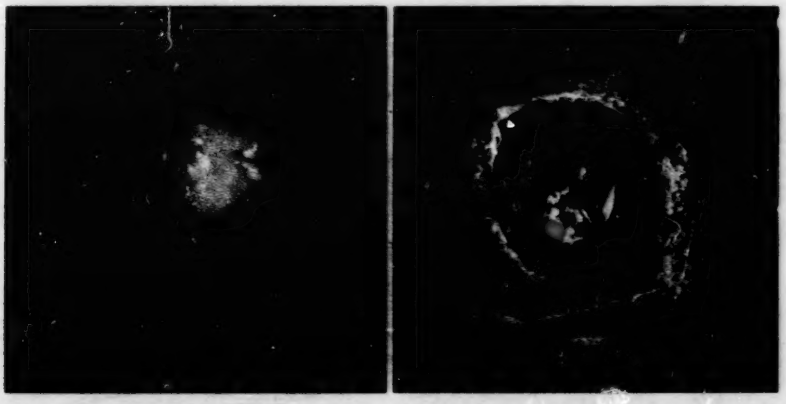


Fig. 5 Cocoons with the head end removed to show white pupa (*left*) and dark pupa (*right*).

The useful season for the alfalfa leafcutter bee begins when alfalfa starts to bloom and ends when the tripped flowers do not have time to set mature seed before frost. In southern Alberta, the pollinating period usually starts between 15 June and 1 July and ends between 10 August and 20 August. The length of the pollination period depends upon cumulative heat units available during the spring and summer. In areas with few heat units, this period may start late and end early. The survival curves for males and females differ (Fig. 6). The males die steadily: 50% of the males are dead 15 days after they are placed in the field and few live longer than 35 days. A fairly constant percentage of females die per unit time under normal environmental conditions: 50% of females are dead after 40–50 days and few live longer than 60 days. The survival curve for males varies little from year to year, but for females it varies according to weather conditions. In cool, wet summers the females forage for shorter periods each day and survive longer than they do in hot, dry summers. The time to remove the bees from the field is partly governed by weather conditions, which also influence female bee density, the chance of setting mature seed before frost, and the chance of females successfully producing additional offspring.

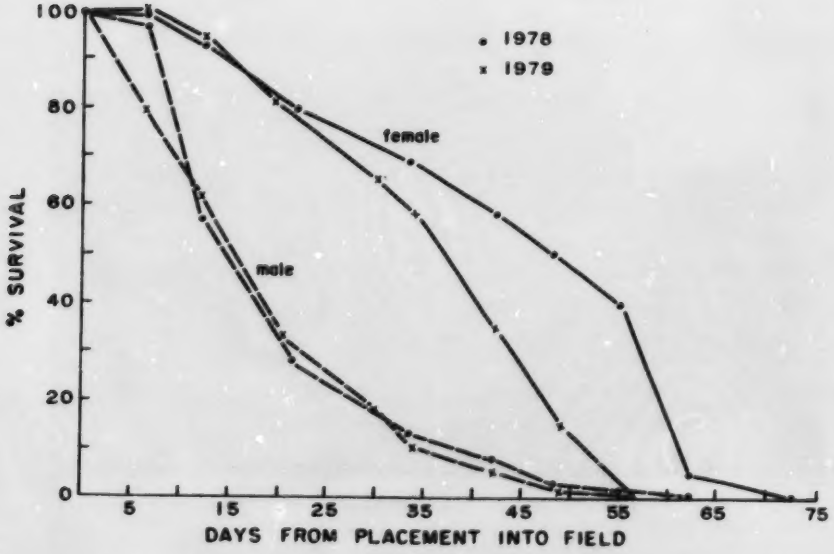


Fig. 6 Survival curves of male and female bees after they are placed in a field.

Management

Obtaining bees and handling them on arrival

Enough Canadian bees are now available for Canadian demands. As beekeepers became more numerous and efficient, and supplies of bees increased, Canada began to export bees, mainly to the United States. Now Canadian beekeepers lead the world in exports of good-quality leafcutter bees. Foreign demand for our bees is high because of low larval mortality rates, low infestations of parasites and predators, and a low incidence of disease. A list of producers of leafcutter bees can be obtained from the alfalfa seed grower associations in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba. Bees can be imported from the United States or from other foreign countries only on a restricted basis. To prevent the introduction of injurious insects and plant diseases from foreign countries, a permit is required from Agriculture Canada, Plant Quarantine Division. It is best to obtain bees only from Canadian sources to prevent introduction or movement of bee parasites, predators, or diseases. Bees obtained in one area of Western Canada readily adapt to other areas.

When buying bees, examine the quality by following the procedures outlined in this publication in the section on estimating production. Also, ask your supplier for a copy of the test results from the Canadian Leafcutter Bee Cocoon Testing Centre concerning the batch of bees you are planning to buy. The price of bees varies and is dependent upon quantities available and export demand. You can expect to pay more for high numbers of live bees per unit weight, a high percentage of females, and low percentages of parasites, predators, and disease.

When the bees are received, put them in a cool, dry, mouse-free area maintained at about 5°C. If bees are stored in a cool, damp place such as a root cellar, store the cells in sealed containers to prevent them from absorbing moisture and becoming moldy. Open the containers once or twice during the winter to allow fresh air to enter and to impede the growth of mold.

Equipment

The methods and equipment described in this publication were designed to enable you to manage millions of alfalfa leafcutter bees efficiently. The shelters were designed to ensure a minimum number of alterations to standard 1200-mm × 2400-mm sheets of plywood. All equipment can be transported on pickup trucks, utility trailers, or low flatbed trailers towed by a light truck or car. All parts are made with precision and are therefore interchangeable. All pieces of the same type are of uniform size and thus can be stacked easily, and all were designed with the bee and its parasites or predators in mind. All measurements are metric; therefore, be sure conversions are correct. New construction equipment (e.g., saw blades) of metric measurement may have to be

purchased to ensure that wood measurements and saw cuts are compatible. The equipment recommended here was designed for specific reasons; be sure these reasons are understood before modifying, making, or buying equipment designed by someone else.

Hives

The leafcutter beehive is where the females construct and provision cells and lay eggs. It is also where the larvae develop and where parasitism primarily occurs. The hive requires precise construction of good-quality materials to ensure a high return of viable cells by providing an acceptable, parasite-free home for the bees.

Commercially available nesting materials are laminated grooved pinewood or polystyrene. Hives are constructed with fir plywood frames. The back of a wooden hive is made of hardboard, and the back of a polystyrene hive is made of aspen flakeboard with four rows of 25-mm diameter holes. These holes allow air to circulate within the tunnels and reduce the growth of mold on and in the cells. A pinewood hive has about 2500 tunnel holes and weighs about 20 kg, whereas a polystyrene hive has about 3000 holes and weighs about 6 kg.

The wooden boards each have 13 tunnels and the polystyrene boards have 30. In commercially available nesting boards, tunnel diameters for the wood are presumed to be constant throughout a hive but may vary from 5.5 to 6.8 mm in diameter depending upon milling precision, supplier, and shipment; for polystyrene, the tunnels are uniform and are alternately 6.4 and 7.2 mm in diameter. Since bees tend to nest in the smaller tunnels first, nesting bees are often separated by empty tunnels in polystyrene hives. Thus, the bees are induced to nest throughout the polystyrene hives, and congregations conducive to the growth of mold are avoided. Tunnel diameters of 6.4 and 7.2 mm are optimum for the production of female bees and viable cocoons, for increasing the size of bees, and for requiring few leaf pieces to construct a cell.

Both nesting materials (available from several suppliers located in Western Canada) can be reused over several years, but wood appears to last longer than polystyrene. The wooden material can be bought precut to the desired tunnel length or in lengths of 300, 600, 900, or 1200 mm. Polystyrene is manufactured only in tunnel lengths of 95 or 115 mm. Tunnel lengths of between 100 and 150 mm are optimum for production of cells per capped tunnel, because most of this tunnel length is used by the females when constructing and provisioning cells. Tunnel length has little effect on the percentages of viable cocoons or female bees produced.

Bees produce more cells and a higher percentage of viable cocoons in wooden than in polystyrene hives. However, more females are produced per hive in the polystyrene because the tunnels are of a larger diameter. Bees may prefer wood to polystyrene because it more closely resembles their natural nesting site. The percentage of viable cocoons is greater in wood because plant foliar molds (i.e., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., and *Rhizopus* spp.), which are carried on the leaf pieces, do not develop on and

in the cells to the same extent. Apparently, wood absorbs moisture but polystyrene does not. Recently, some beekeepers changed from polystyrene to wood because they developed allergies when exposed to the mold spores.

The polystyrene material is warmer than wood by 3.5°C or more, depending upon time of day and ambient air temperature. In northern latitudes, the warmer material may be more advantageous because it provides heat, thereby assisting larval development and commencement of adult flight. But sustained heat above the ambient air temperature over several days can increase mortality of early instar larvae. No differences have been found in rates of parasitism between the two materials.

Hives are designed for easy handling and stacking. Plans for hives made from pine boards and polystyrene boards are given in Figs. 7 and 8.

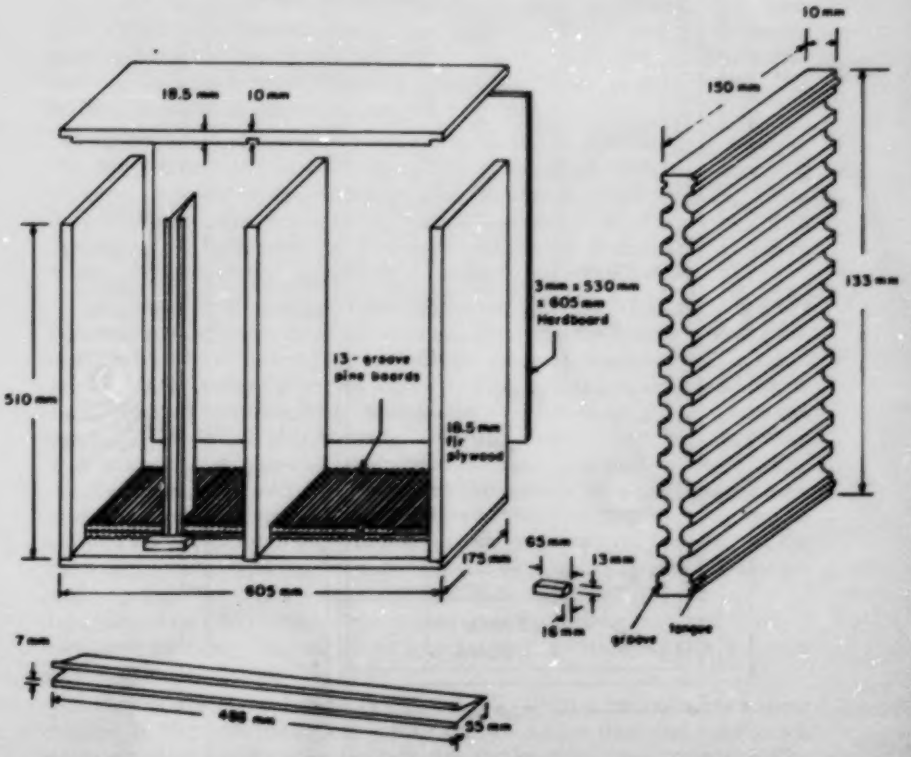


Fig. 7 Plan for a hive made with 13-tunnel pine boards and a metal divider.

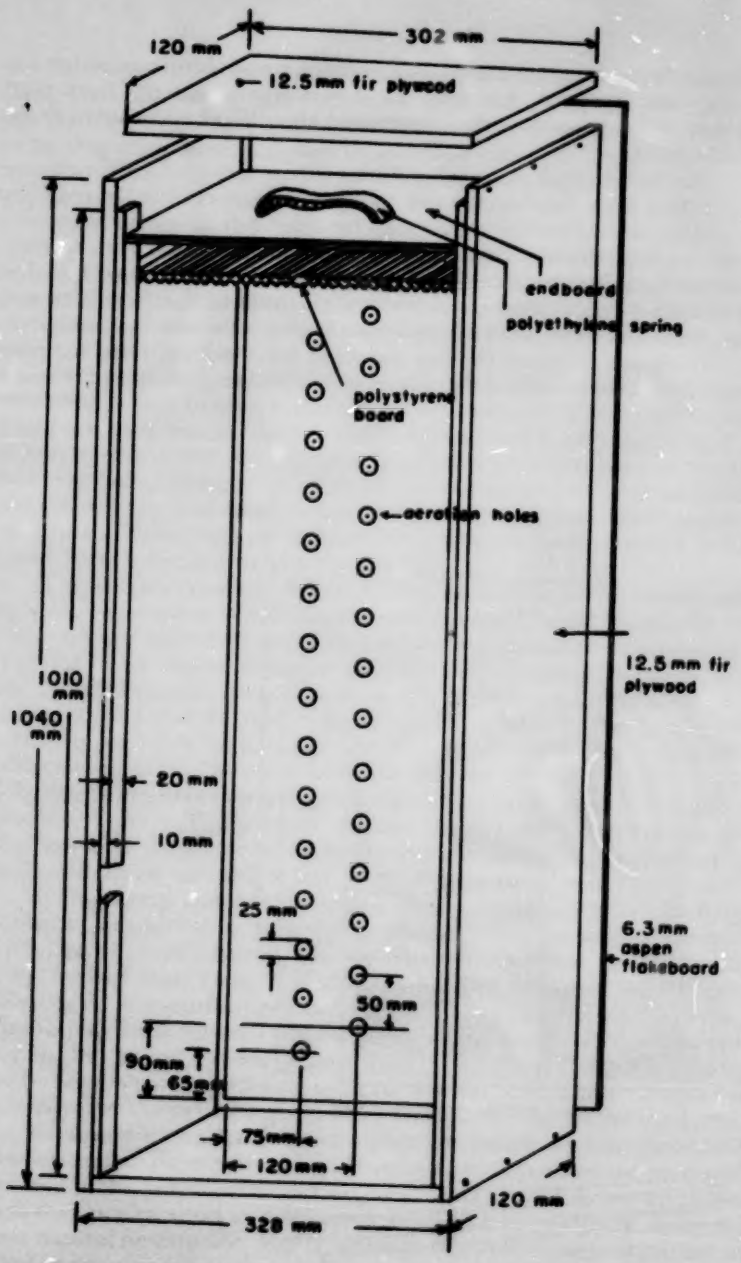


Fig. 8 Plan for a hive made with 30-tunnel molded polystyrene grooved boards.

Hives made with wooden grooved boards are easier to handle if they are made almost square rather than oblong. Make hives as precise as possible so that all parts are interchangeable. Make sure that all cuts on both hive parts and grooved boards are made accurately at right angles. The better the parts fit, the fewer will be the invasion routes for parasites. All joints are nailed and glued to ensure rigidity, even when the hive is jarred or dropped. When a poorly nailed hive is dropped, the back often bulges, providing room behind the tunnels for parasites to move around.

Make sure that all wooden grooved boards fit snugly against the insides of the backs of the hives by squaring the ends of the boards before cutting them into the desired lengths. The 600- and 1200-mm lengths of grooved board often are not exactly square. If the end is not cut precisely square, the board will not fit against the back of the hive and the ends of as many as 26 tunnels will be exposed to invasion by parasites. Cut the grooved boards to the required length in pairs and reverse one of the pairs, end to end and side to side, before beginning to square or cut. Manufactured boards may be slightly thinner on one side than on the other. Reversing one of the boards compensates for this imperfection. Use a fine-toothed saw blade to reduce splinters. Brush or burn slivers off both sides of the board. Any slivers left on the ends of the tunnels may prevent the boards from fitting firmly against the backs of the hives, thus leaving avenues of entry for parasites.

In hives made with polystyrene boards, the 25-mm diameter holes in the aspen flakeboard back are covered from the inside with wire screening to prevent mice from entering. The screen is stapled to the back. Polyurethane foam, 5 mm thick, is then laid across the screen to reduce the amount of light entering. Foam allows more air to circulate than does paper and provides a tight fit against the grooved boards.

Parasites lay their eggs in the cocoons of the bees. The easiest way for parasites to reach the cocoons is to crawl along cracks in nesting materials, warped boards, or behind the backs of the tunnels. Spaces at the back and sides of the hive should be eliminated and imperfect boards should not be used. Warped boards will break when they are put through the automatic cell remover. When this happens, cells are crushed and the machinery may have to be stopped to remove jammed parts of broken boards. The strips of wood that hold the boards and end boards firmly against the back also block the entrances along the sides of the hive. Excess space can be eliminated by placing a sheet of 5-mm thick polyurethane foam across the back of the hive. Because the foam fits firmly against the grooved boards and expands slightly into the tunnels, it reduces the possible entry of parasites. The polyurethane sheet foam may have to be replaced yearly if too many holes are chewed into it by second-generation bees or by larvae of the driedfruit moth.

Details are given for an endboard (Fig. 9) that prevents bees from nesting in the half-tunnels at either end of a hive and that provides a pressure plate for the spring that holds the boards firmly together. The plate also prevents mice from nesting in the polystyrene material. A

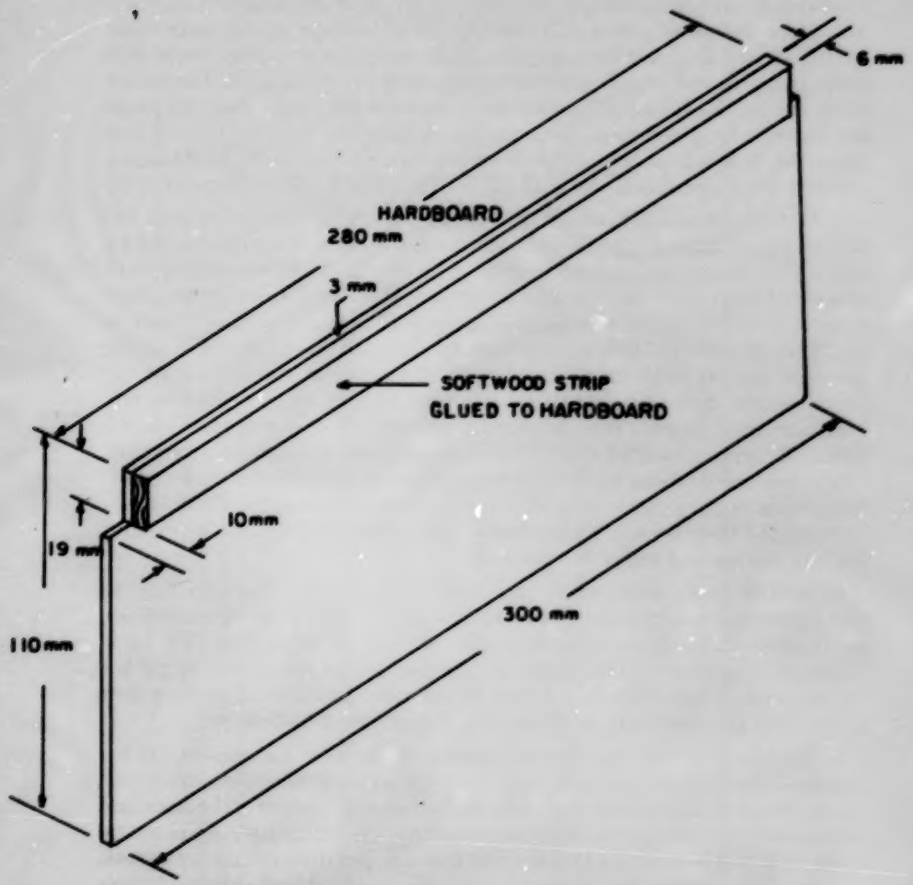


Fig. 9 Plan for the endboard of a hive made with polystyrene grooved boards.

0.9-mm (20-gauge) galvanized metal divider (Fig. 7) under tension provides pressure against the outside walls of the wooden hive, thus holding the wooden boards in position and reducing avenues of entrance for parasites. Springs for holding either wooden or polystyrene boards can be made by cutting rings 25 mm wide from black polyethylene pipe 38 mm in diameter and then slitting and stretching them to form springs. The springs allow for the expansion or contraction that takes place as the bees fill the tunnels with moist leaves, honey, and pollen or when the cells and boards dry.

To assemble a hive with polystyrene boards (Fig. 8), position the endboards and align all the grooved boards to form tunnels. Make sure the boards are vertical, not slightly diagonal, by shaking and pressing them into position; then insert the spring. Fix the grooved boards and endboards (Fig. 9) firmly against the back of the hive by pressing two spruce or pine strips into position along the front inside edges of the sides of the hive and then nailing them to the sides. The side strips should fit flush against the bottom end of the hive so that the endboard at the top can be removed through the space between the ends of the strips and the top of the hive; the strips cannot be removed until the top endboard is removed. To assemble a hive with wooden boards that have tongues and grooves at both ends (Fig. 7), stack four columns of boards in the hive and insert the metal dividers between the columns; then insert a spring at the end of each column. A tight fit requires inserting the tip of the divider first and slightly contracting the V as it slips into the gap between the two columns of boards. To ensure that the dividers hold the boards firmly against the backs and sides of the hives, nail small wooden blocks into the hive at the end of the divider. Bolts with large washers can also be fastened across the top of the metal divider and through the back of the hive.

Before painting the faces of the hives, assemble the boards in the hives and insert the springs so that the boards are held firmly together. Spray the paint lightly so that it will not seep down between the boards and cause them to stick together. Apply paint sparingly to polystyrene boards; paints that contain petroleum solvents (such as Varsol®) can dissolve the polystyrene. Use flat exterior oil base paints. Bees prefer dark colors to light ones, no matter what the material, and prefer hives with color patterns to those left unpainted or painted in solid colors, even when the solid color is black. Light blue on a black or charcoal background is highly attractive to the alfalfa leafcutter bee. The pattern, whether it is a Hertz pattern or your name, should cover no more than one-third of the face of the hive. The bees prefer highly dissected patterns because they are a tunnel-finding aid for approaching females. Make the hives as attractive as possible or the bees may leave them and nest between the shingles of nearby buildings.

To make a sturdy stencil of the Hertz pattern or of your name, trace the pattern with a pencil on a sheet of 0.6-mm (24-gauge) aluminum and score the tracing with a utility knife. Score deeply, especially at the corners, and punch the corners so that you can grasp them with pliers and tear out the scored pieces. At the top of the stencil, attach a tab with masking tape so that the stencil can be moved easily from hive to hive. To prevent smearing, clean the stencil with a solvent when necessary.

Decontamination of hives and bee cells

To decontaminate a hive and polystyrene grooved nesting material of plant foliar molds, remove the boards from the hive and put them in a decontamination frame (Fig. 10). Each frame, made of 6-mm metal rods, holds about 100 boards. Two persons need four decontamination frames

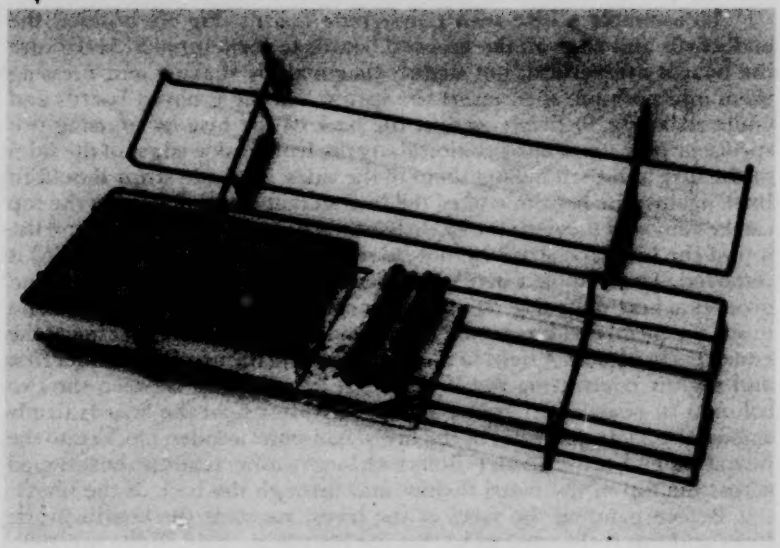


Fig. 10 Decontamination frame for polystyrene grooved boards.

to operate efficiently. Submerge the boards in a solution of household bleach (6% sodium hypochlorite) and water (1:3 by volume) for 5 minutes. The boards fit loosely in the frame, allowing the solution to penetrate readily between them. Agitation will remove some of the excess material sticking to the tunnel walls. Allow the boards to dry thoroughly before replacing them in the hives.

Wooden hives and nesting materials sometimes become covered with mold and require decontamination. Change the ratio of bleach to water to 3:1 and decrease the time to 1 minute. Because wood swells when it is wet, shake the boards vigorously to reduce excess moisture and allow them to dry thoroughly before replacing them in hives.

Steam cleaning can also be used to decontaminate both types of nesting materials. As steam cleaning tends to remove some of the paint from the front of the hives, repainting may be necessary.

Cells do not usually need to be decontaminated. Plant foliar mold spores exist everywhere and contamination occurs readily, so that the practice of decontaminating cells is of questionable value. However, excessively moldy cells can be decontaminated without harming the larvae by submerging the cells for 1 minute in bleach and water (1:3 by volume). Spread the cells over a surface in the open air, but not in direct sunshine, after removing them from the solution. Wait until the cells are thoroughly dry and the odor of chlorine is gone before placing them in the incubation trays and putting the trays in the incubator.

Controlled-temperature room

The proper temperature for incubation and storage over the winter of leafcutter bees depends upon a well-constructed and equipped controlled-temperature room (Fig. 11). The room is one of the most important pieces of equipment used by the beekeeper.

Acting as an incubator, the room ensures a rapid, uniform emergence of adults, allowing bees to be put into the field just as the alfalfa crop starts blooming. Bee development can be regulated to permit the release of bees in favorable weather (i.e., calm and sunny), thus increasing chances of success in reproduction and crop pollination. Development of parasites and predators can be controlled by manipulating the environment in the controlled-temperature room. Proper control procedures can then be implemented at the appropriate time during the incubation cycle. The room can be used to store the bees over the winter once they have been removed from the hives.

Following are some construction and equipment specifications for a controlled-temperature room that will hold about 4 million bees for incubation and about 8 million bees for storage over the winter.

Construction

- Outside dimensions of a room in a corner of a larger room (basement, quonset, or garage): 3650 mm wide, 2230 mm deep, and 3050 mm high with a door 1140 mm wide in the middle of the long wall.
- Floor, walls, and ceiling: 38 × 89 mm spruce studs on edge, with polystyrene insulation (75 mm thick) in between; studs spaced 600 mm apart to permit efficient use of 1200 × 2400 mm polystyrene sheets. Plastic vapor barrier should be placed over insulation and under the inside wall lining.
- Inside lining: 9.5 mm fir plywood sheets, good one side.
- Outer shell (inside larger room): 9.5 mm fir plywood sheets, good one side.
- Door: bevelled and 2340 mm high × 1143 mm wide to allow shelf units to be moved in or out of the room.

Equipment

Adequate attention must be given to refrigeration equipment, heaters, humidifiers, and controls to maintain proper temperatures and humidity.

Cooling 560-watt compressor attached to a 746-watt capacity coil. Two fans that run continuously are mounted on the ceiling (Fig. 11). Cooling fans are required to circulate air and dissipate heat produced while the bees are developing in the incubation trays. Heat released from the bees ranges from 1.1 to 2.3 joules per hour per bee and is especially high just before emergence of adults, when it forms a significant part of the cooling load. The higher value should be used when designing the refrigeration equipment for an incubation chamber.

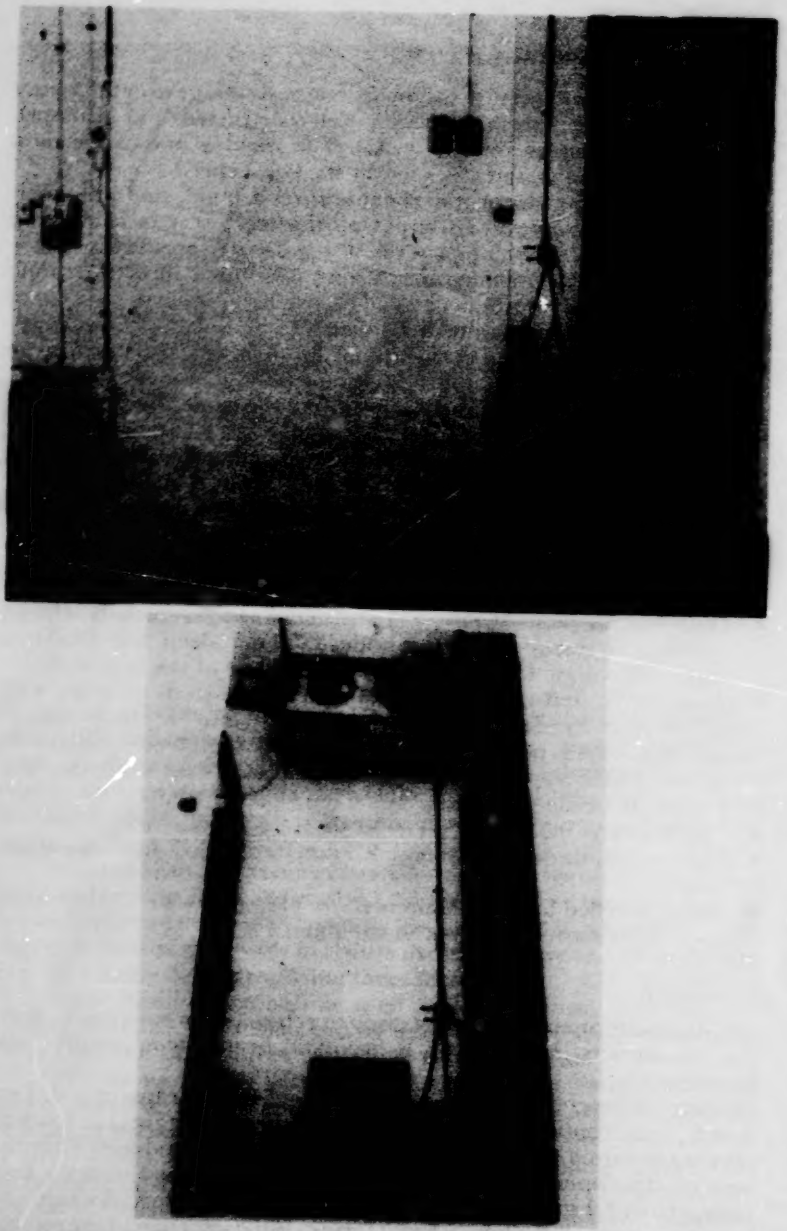


Fig. 11 Controlled-temperature room showing compressor, cooling coils, fans, heater, humidifier, and tray racks.

Heating Blower forced-air baseboard heater located on the floor at the back of the room.

Humidifier Automatic household humidifer set at 70% relative humidity for incubation and 50% relative humidity for storage over the winter, located on the floor at the back of the room. Instead of using room humidifiers, humidity can be increased by wetting the floor or by placing pans of water, wet burlap, or water-soaked cloths in front of fans.

Temperature controls Two thermostats with a control sensitivity of ± 5°C are required, one for refrigerating and one for heating. For winter storage, set the cooling thermostat at 6°C and the heating thermostat at 4°C or 3°C if cells are infested with debris-feeding beetles or moths. These pest insects are inactive at low temperatures. For incubation, set the cooling thermostat at 31°C and the heating thermostat at 29°C.

Electrical switches Two switches outside, near the door, one for the ceiling light and one for the parasite light traps. The fans and lights must be on a circuit separate from the heating equipment so that they can be left on when the thermostatically controlled heating unit is off. The electrical outlet for light traps should be near the floor at the center of the back wall.

Shelf units for the incubation trays Four shelf units with casters to allow movement through the door; for each unit, 27 shelves made of slotted angle iron bolted together. Leave at least 300 mm at top and bottom of shelf unit and 25 mm between incubation trays for air circulation to remove the heat released by the bees. Trays should not be stacked on top of one another, even if crossed. When heat accumulates rapidly in the stack, bee emergence by tray is uneven and parasite control is reduced.

The controlled-temperature room is essentially an enclosed system that allows for little external exchange of heat or moisture. Outside ventilation is not required. Once the correct temperature and humidity within the room have been reached, they are easily maintained with little daily fluctuation. Do not place the controlled-temperature room in direct sunlight, as excess heating may cause the cooling compressor to overwork. A room where the temperature fluctuates little is best. The walls of the incubator should be painted with white glossy enamel and the floor with gray flat enamel for easy cleaning by washing to reduce the growth and accumulation of molds or diseases. To check for uniform temperature, two maximum–minimum thermometers should be placed inside the room (one high and one low on the wall) in addition to the thermostats. The equipment (compressor and cooling coil) needs occasional maintenance, such as oiling and checking the coolant levels. Spare thermostats should be on hand. An alarm system should be installed to warn when temperatures surpass critical highs or lows.

Important factors for incubation and storage

The emergence of adults incubated at 30°C begins with males about the 20th day of incubation and ends with females about the 31st day (Fig. 2). If the cells are placed outdoors on or about the 22nd day,

complete incubation may take a week or so longer because outdoor night temperatures are normally lower and slow down emergence. To avoid dependence on warm weather to complete incubation and emergence in the field, incubate until about 75% of the males and 20–50% of the females have emerged or until the 23rd or 24th day of incubation. Complete emergence in the field should then occur within a few days. The daily release of only adults in the field by returning incubation trays indoors for further incubation is costly in time and labor, especially with large quantities of bees. Also, it may interfere with mating behavior, because males disperse quickly from the shelter and may not find the females that are released later.

Humidity and temperature are critical to the health of the bees during incubation and postincubation storage. If humidity is too low during incubation, the bees' wings are often deformed. When the temperature is lowered, the incubation process is prolonged. At higher temperatures (32°C or more), development can be hindered and bees die. Temperatures in incubators should be lowered in the following circumstances: when inclement weather (cold, wind, rain) reduces the chances of a successful release of bees in the field; when an insecticide needs to be applied to control a pest insect; when time is needed for an insecticide residue to dissipate; and when, through improper incubation timing, the bloom and food on a field are insufficient for the bees. Inadequate bloom early in the season may in part result from drought conditions, late irrigation, or high pest-insect populations.

If no adult bees have emerged, the temperature in the incubator can be reduced to 20°C. Pupae will remain alive at this temperature for at least 10 days. Pupae continue to develop slowly at 20°C, but not at 15°C. Once conditions favorable for release occur, the temperature in the incubator can again be increased to 30°C. A decrease in temperature followed by an increase often results in a rapid emergence of bees.

If release conditions are unfavorable for adult bees that have emerged in the incubator, they can be fed in incubation trays with a honey–water solution (1:1 ratio) sprayed directly onto paper towels laid across the screen of the incubation tray. The paper towels prevent the solution from covering the bees and sticking cells to trays. Do not rub hands or paper towels across the screen when the bees are feeding because bees' tongues extended through the screen are easily broken. If many bees have emerged, feed twice a day and lower the temperature in the incubator to 20°C between feedings, making sure to raise it during feeding. Feeding and fluctuating temperature cause the bees to be less active, use less energy, and survive until release in the field. This tactic can continue for at least 6 days with little loss of bees.

Keep the room dark at all times (no windows or direct sunlight) so that parasites are attracted only to the ultraviolet lights. The ultraviolet lights and water bath for control of parasites and predators are usually placed on the floor between the shelves. Because the small chalcid parasites are poor fliers, it is easier for them to hop down than to fly up to the ultraviolet lights.

After the cells have been thoroughly tumbled to remove excess leaf pieces, debris, and debris-feeding insects, the cells are ready for storage over the winter. They are frequently stored in plastic pails or larger metal or plastic garbage containers. They can also be stored in large plastic garbage bags. Excess humidity in these containers is seldom a problem. Freezing of prepupae rarely occurs if the controlled-temperature room is in the corner of a garage. The prepupae can withstand freezing temperatures as low as −10°C for a short period, with little mortality; however, exposing them to any freezing temperature is not recommended. Cells cannot be stored for more than one season. Check the cells occasionally in storage over the winter to ensure that storage conditions are satisfactory.

Other controlled-temperature rooms

Some beekeepers use separate buildings to incubate or store their bees. These buildings are well insulated, use natural gas for heating, circulate air through a forced-air furnace located outside the building, and humidify using a household humidifier. Chick incubators are excellent for leafcutter bees. The water that provides the humidity and removes the heat created by the chick embryos also provides the humidity needed when the bees are changing from larvae to pupae to adults and removes the heat created by the adult bees.

Incubation trays

Plans for an incubation tray that fits into shelf units in the incubator and shelter and is designed to hold about 30 000 cocoons are given in Fig. 12. The top of the tray is wire screening, which allows heat produced by the adult bees to escape from the tray; in addition, the bees can be fed honey syrup if inclement weather delays removal to the field. The fitted lid is nailed shut after parasite emergence and control and before the first few bees emerge. Plastic incubation trays that hold about 10 000 cocoons can be purchased. The lids on these trays are snapped on before bees begin to emerge and are completely removed from the trays in the field. The trays can be stacked for storage over the winter and scraped or washed to remove moldy cells. When climbing out of the trays, the adult bees grasp the sides of black trays more easily than those of white ones and used trays more easily than new ones. Thus, the sides of new white trays should be scarified.

During long-distance transport to the field, trays should be covered with a tarpaulin to keep bees inactive. Increased activity at this stage can cause premature fraying of wings and some mortality of adults. Spraying with water calms the bees during transportation and retards the rate of release of bees from the trays. If a high percentage of emergence has occurred before field release, a light spraying of water with an atomizer before the lid is opened calms the adults. The rate of release should be slow but continuous, to allow the bees to become oriented to their new surroundings and to reduce the number of bees that drift from one shelter to another. Releasing bees in high winds usually results in drifting.

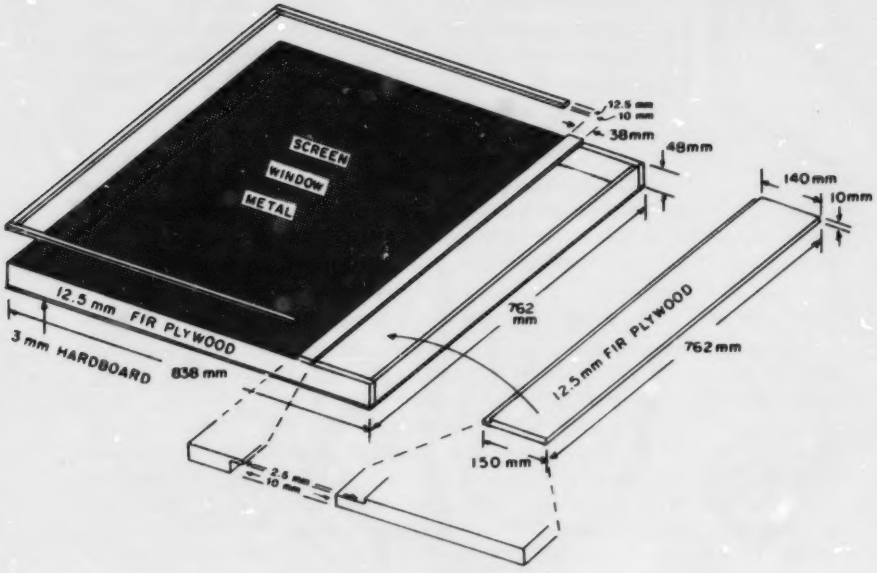


Fig. 12 Plan for an incubation tray.

After the tray has been placed under the roof of the shelter, the lid can be opened wide enough for bees to escape but not for mice to enter. Trays should be placed within 50 mm of the front of the shelter so that sunlight readily attracts the bees to the opening of the tray.

Trays may be removed from shelters 7–10 days after they are placed in the field. By then most of the bees have emerged. To check for complete emergence in the field, inspect the contents of a few intact cocoons by cutting off their head ends with a sharp blade. Continue to check every 3 days until you do not find any live pupae or adults. Bee losses that sometimes occur after the cells are placed in the field include dead mature larvae and pupae, as well as adults that were unable to emerge from the cells. These losses are attributed to low or high temperatures, or both. After emergence is complete, return the empty cocoons to the workshop and burn or bury them. This prevents females from nesting in empty cocoons and eliminates sources of infestation of bee diseases and parasites. Leaf pieces are known to carry plant diseases, and contaminated cells dumped in the field can act as sources of infestation and can promote the spread of disease.

Shelters

Construction

The size of shelters is governed by economic use of construction materials, transportability to and from seed fields and between fields, and volume of space for storage over the winter. Shelters protect the hives and the nesting bees from adverse weather. Because they are large and easily visible, the shelters help the bees return to their hives.

Beekeepers have constructed many different designs. Some allow efficient use of the pollinators and others do not. Various shelter designs have been evaluated on the basis of construction materials, heat buildup, light intensity, wind turbulence, and orientation patterns. Some of these factors influence the foraging activity of the bee, the biological factors of bee production, and the dropping of leaf pieces used to construct cells.

Shelters made of compressed particle board are unsatisfactory. They do not withstand several years of use. In comparison, shelters made of standard fir plywood and spruce studs are reusable and withstand high winds and rain. Also, these materials are inexpensive and readily available. Shelters stained with a solid color require less care than those painted with exterior latex.

Previous shelter designs called for solid construction. Those shelters were awkward to transport in utility trailers or on flatbed trailers and required two people to handle them. The two collapsible shelters described here (Fig. 13) are superior to others tested for bee productivity, are easily constructed with a minimum of materials, are highly portable, and occupy little storage space. Either wood or polystyrene nesting materials can be used in both designs.

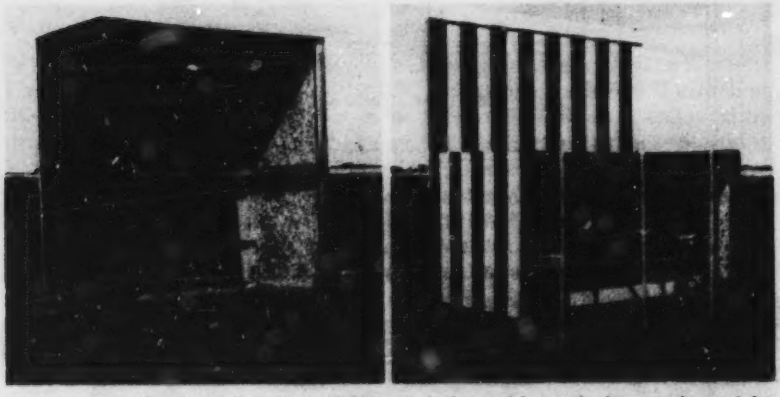


Fig. 13 Double-decked shelter (*left*) and shelter with vertical extension (*right*) that contain hives for alfalfa leafcutter bees.

Double-decked shelters

The double-decked design (Figs. 13 and 14) reduces drift of bees within or outside the seed field and increases bee populations. Its large silhouette helps the bees to find their hives and tunnels. The openness of this design results in a high light intensity throughout the day across the

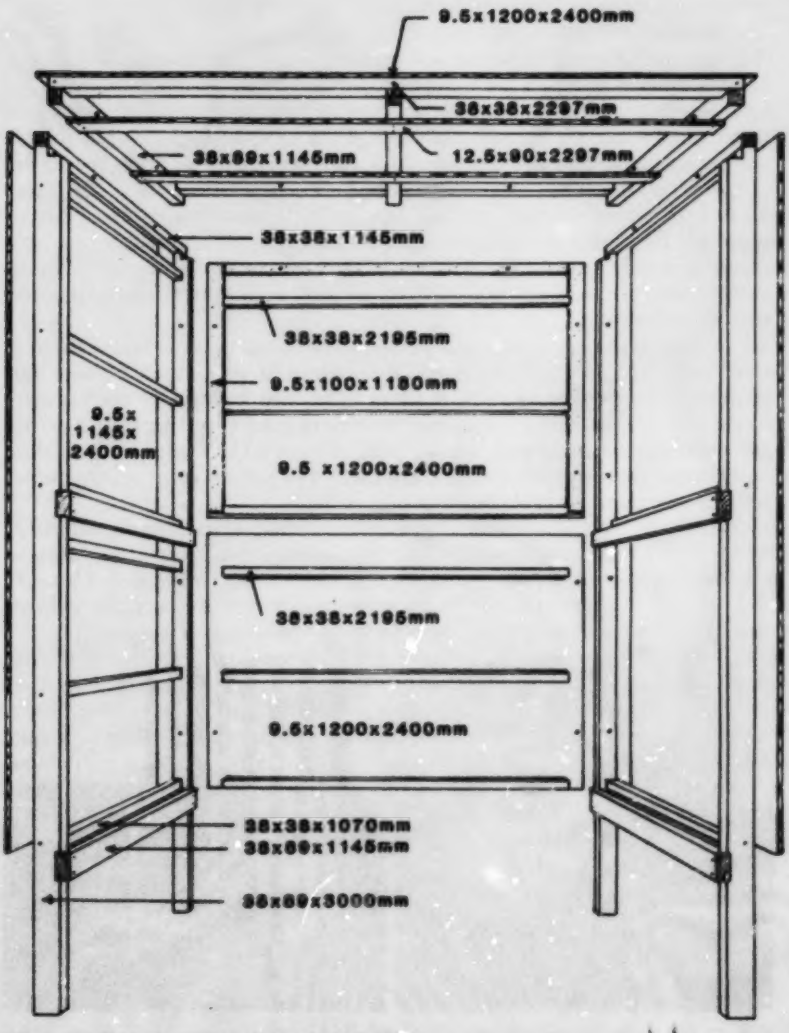


Fig. 14 Plan for a double-decked shelter.

tunnels of the hives. Direct sunlight reaches part of the bottom hives until about noon. This brightness results in increased foraging activity by the females. These shelters hold 12 hives on the back wall in two sets of six, one above the other, and an additional four hives on each side wall. When wood is used as a nesting material, females tend to use tunnels evenly across all 12 hives, with a slight preference for the upper six hives. When polystyrene is used, females prefer the upper six hives. Tunnels in the upper left-hand corner tend to be filled first. A length of baling wire strung from the inside corners of the shelter about two-thirds of the way up the hives holds the hives in place. Strips of 38 × 38 mm spruce wood across the back and sides of the shelter are positioned to keep the hives from resting against the walls of the shelter. The top and both sections of the back are bolted to the sides. The incubation trays are placed immediately beneath the top. Paint the top of the shelter black to absorb heat and radiate it to the incubating cells below. Guy wires must be used to anchor this shelter because its height increases the chances of its being blown over by high winds. Major construction materials include the following:

Quantity	Size	Material	Purpose
4	38 × 89 × 3000 mm	spruce	legs
12	38 × 89 × 2400 mm	spruce	frame for top and sides, hive spacers for sides and back, hive supports
5	9.5 × 1200 × 2400 mm	fir plywood	top, sides, back
3	19 × 89 × 2400 mm	spruce	supports for back
2	9.5 × 100 × 2400 mm	fir plywood	top section of back
2	12.5 × 90× 2400 mm	fir plywood	tray supports
14	M10 × 100 mm	bolts	

Standard shelter with extension

This shelter (Figs. 13 and 15) is the conventional size used in Western Canada. It holds six hives along the back and two on each side. Tunnels in the upper left-hand corner tend to be filled with cells first, followed by those across the top and down the two sides. Preference for these positions is probably related to temperature and light stimuli in the shelter. Because new hives are not as attractive as those in which bees have nested, do not mix new and old hives in a shelter. Put new hives in shelters that normally attract bees, usually those farthest east or south and those on the edges of fields. An excess number of tunnels will encourage bees to spread uniformly throughout the hives. It will also encourage high production with few incomplete cells and impede the development of molds in polystyrene boards.

The top of the shelter is bolted to the sides and back. When the top is removed, the sides fold against the inside of the back. The incubation trays are placed immediately beneath the top. Paint the top of the shelter

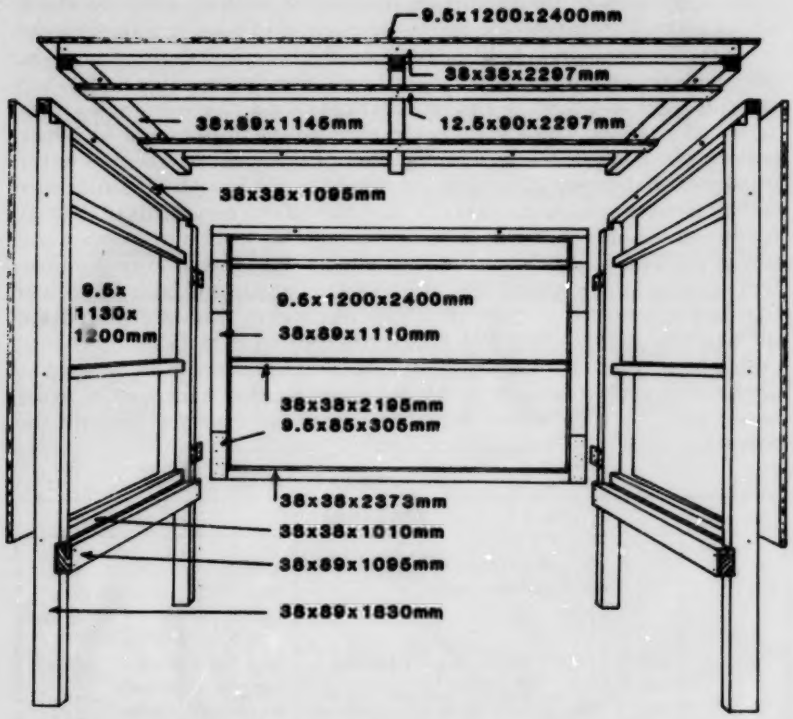


Fig. 15 Plan for a standard shelter.

black to absorb and radiate heat to the incubating cells immediately below. Anchor the extension on the shelter with guy wires because its height makes it vulnerable to high winds. Major construction materials include the following:

Quantity	Size	Materials	Purpose
9	38 × 89 × 3600 mm	spruce	legs, frames for top, sides, back; hive spacers for back and sides; hive supports for back and sides
4	9.5 × 1200 × 2400 mm	fir plywood	top, sides, back, extensions
2	12.5 × 90× 2400 mm	fir plywood	tray supports
4	#808, 80 × 80 mm	Stanley, broad butt hinges, steel-fasten pins	
6	M10 × 100 mm	bolts	

All shelters are anchored beside each leg by the use of 600-mm T bar fencing, wire, and nails to reduce the risk of being blown over. Because the shelters are collapsible, they can be handled and erected by one person. Several can be transported to and from fields at one time in utility trailers or flatbed trailers.

Temperature and light intensity inside shelters change continually throughout the day. Temperatures tend to increase during the day, maximize in late afternoon, and gradually decrease at night. Certain areas in a shelter, such as the upper left-hand corner, tend to be warmer than others. Temperatures as high as 25°C above prevailing air temperature (25–30°C) have been recorded in the backs of tunnels of hives placed flush against the wall of the shelter and behind the hives in the shelters. The trapped heat, high enough to cause larval mortality, is reduced by increasing to 150 mm the space between the shelter wall and the back of the hive. This space increases air flow and reduces moisture accumulation and growth of plant foliar molds in tunnels of polystyrene nesting material. Light intensity is similar in all types of shelters until midmorning, except in the brighter double-decked ones. After that, light gradually declines as the day progresses. Shelters deeper than 1800 mm have low light intensity at the face of the hives, which results in poor bee production. Shelters with opaque fiberglass tops are 3.5 times brighter in midafternoon than those with solid plywood tops. Females forage from them longer but produce fewer cells. Heat accumulation attributable to a fiberglass top has not been detected. Small shelters, 1.2 m square, of polyethylene sheeting or wood construction tend to be bright, but more of them are required per field area. In addition, they build up excessive heat, lack details for orientation, do not withstand winds, increase drift of bees, and hold few hives.

Position the shelters so that they face east or slightly southeast. Bees warm up and respond to the increased light intensity earlier in shelters that face an easterly direction than in those that face other directions. Direct sunlight on the face of the hives later in the day should be avoided, because prolonged high temperatures cause mortality of larvae.

Excessive air turbulence and velocity inside the shelter cause females to drop pieces of leaves as they return to the hives. If a leaf piece is dropped, the female must return to the leaf source to cut another, thus creating a loss of foraging time and productivity. In one instance an estimated 500 000 leaf pieces were dropped in 5 days from a shelter where air turbulence and velocity were considerable. Air turbulence and velocity are lowered by extending the back (skirts) to the ground and above the top (sails) (Fig. 13). The wake in front of this shelter is large, extending as much as 7 m, and the velocities are lower. Thus, flight in this zone is easier than in front of a standard shelter. High-velocity air flow under the shelter is eliminated and, although there is still turbulence within the shelter, velocities are considerably reduced.

Bees use landmarks for homing by first relating the nest entrance to large objects, such as shelters. As they approach the nest entrance, they relate to progressively smaller details. Thus, the shelter should contrast with the environment. A green shelter would not contrast with a field of

alfalfa, and uniform black lacks the detail necessary for close-range homing. Silhouettes and orientation patterns are important to render each shelter unique, since a larger number of visual clues increase the chances that the bees will find their own tunnels in the hives. Shelters with high profiles, painted with black and white vertical stripes, 150 mm wide, consistently produce more bees and reduce drift of bees within fields compared with shelters with lower profiles and no orientation patterns.

Placing the shelters in the field

Space shelters evenly through the crop, with one shelter for every 1.2 ha. Bees tend to pollinate alfalfa about twice as far to the east as to the west of the shelter; therefore, place the western shelters closer to the western edge of the crop than the eastern shelters to the eastern edge. Areas of pollination from shelters should overlap. Shelters placed on the edges of fields force bees to pollinate in only one direction. Attempts to cover several hectares with a large shelter result in an uneven setting of seed across the field. Bees often drift from shelters in the central part of a field to those on the edges. When various shelter designs (either standard, double-decked, or sails and skirts) are used throughout a field, be sure to position the latter two types in central areas of the field or wherever the bees have a tendency to drift. Remember, the direction of prevailing winds influences drift, especially early in the season. It may be necessary to place extra hives in a shelter to which bees have drifted. Bees cannot be induced to return to shelters by moving occupied hives at night from overpopulated to underpopulated shelters in the same field. They will return to the original shelter the next day.

For shelters positioned along irrigation ditches within fields, the ditch bank provides bare ground for the bees to alight and absorb heat and tends to influence the flight distribution across a field. Also, shelters located beside irrigation ditches can be serviced without driving trucks or tractors into the crop. When shelters are not on ditch banks, provide an area of bare ground immediately in front of each shelter as a place for the bees to alight, rest, and absorb heat.

Good pollination is usually obtained with about 60 000 bees per shelter (20 000 per 0.4 ha). However, the number of bees needed to pollinate a crop varies according to the weather, the amount of bloom, the time spent flying from flower to flower, and the number of days that flowers are available for pollination. The more flying time the bees have, especially during the first 3 weeks of the pollinating period, the fewer bees will be needed. The amount of bloom varies with crop characteristics, including age of stand, cultivar, and plant density, and depends on whether the crop is irrigated or dryland. For example, the number of bees required for a first-year stand of a dryland cultivar in 2-m row spacing under dryland conditions is much lower than for a fifth-year stand of a Flemish cultivar in 1-m row spacing and under irrigation.

Bees should be placed in the field when flowering begins. Females pollinate flowers immediately in front of the shelter first and then forage

at increasingly greater distances from the shelter. Thus, on subsequent days and as new florets open, pollination occurs rapidly and the bees become more evenly distributed across a field. Although not all flowers visited produce pods, most pods develop from flowers pollinated within a few days after opening. A floret may open at any time of day. It remains open for about a week if not pollinated, but wilts within a few hours after pollination. If bees are not placed on a field until full bloom, which may occur within a week after the beginning of flowering, many florets may be left unpollinated because the bees do not have time to visit them all.

Unlike the honey bee or bumble bee, which may forage for several miles, the alfalfa leafcutter bee is not a strong, long-distance flier. It ranges no farther than necessary for food gathering. This explains why seed yields are usually highest immediately in front of shelters and decrease with the distance away from the shelter (Fig. 16).

When flowers are pollinated as soon as they open, racemes have developing seed pods on the lower parts, a band on one to four open florets in the middle, and unopened buds toward the top. A field with an optimum number of leafcutter bees and well-timed pollination has a grayish appearance instead of showing profuse bloom.

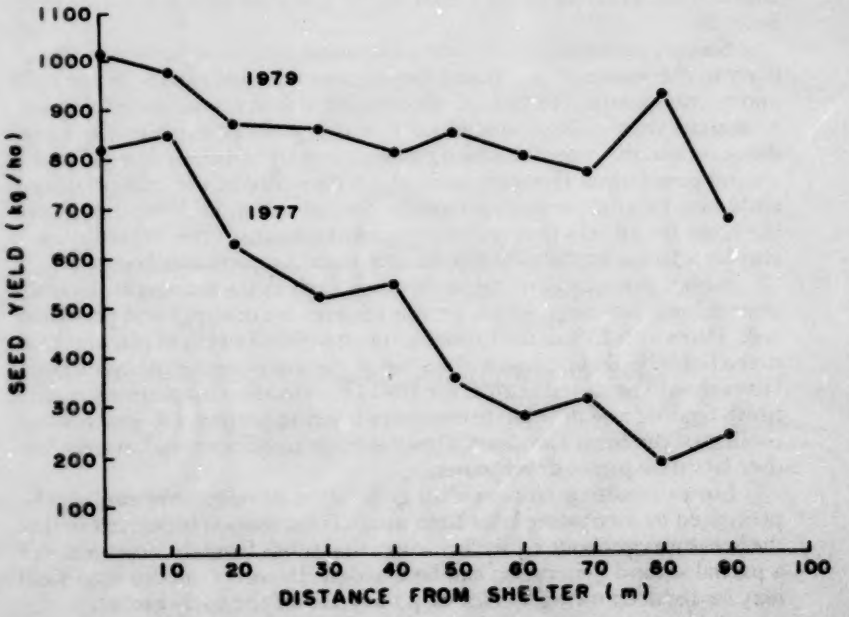


Fig. 16 Alfalfa seed yields decrease with distance away from shelter.

In Western Canada, shelters rarely need to be moved during the season. The season is too short and cool to achieve a quick uniform setting of seed or to obtain a forage harvest and a seed harvest from the same stand in the same year. Losses of leafcutter bees occur if they are relocated. If relocation is necessary, minimize losses by moving the bees with their original shelters and hives to areas with landmarks and silhouettes similar to those of the original nesting sites. Move them only a short distance (100 m) and only after the bees have been conditioned to a shelter with orientation patterns. Move the shelters at night and during periods of low wind speed (under 16 km/h) to areas with sufficient bloom to maintain the bees.

Second-generation bees

Usually, in Western Canada, only one generation of leafcutter bee is produced per year. In some exceptionally warm years, up to 25% of the bees in a hive fail to diapause and may emerge in late August to early September. At this time the chances of successfully producing offspring or of producing mature alfalfa seed are low. Second-generation bees that emerge before hives are brought in from the field produce few cells. The cells usually fail to develop completely, apparently because larvae are too cold to feed. Bees that emerge after the hives are brought in from the field soon die.

Second-generation bees are most numerous from cells completed early in the season (Fig. 17) and the numbers decline rapidly in the cells and tunnels completed later. Cells completed first are subjected to more heat units than cells produced later, which possibly explains the rapid decrease and the extent to which environmental conditions determine the second generation. However, only about one-third of the cells produced early may produce second-generation bees, even though conditions are the same for all cells that are completed at the same time. Heredity may also be a factor in the development of second-generation bees.

A high percentage of capped tunnels early in the season results from several long, hot days, which permit females to construct and provision cells. Hives with 75% of the tunnels capped within 3 weeks of placing them in the field should be taken to the shop to control second-generation bees. Hives should be stored at 20°C for 10–14 days to allow immature larvae to finish feeding and develop to the overwintering prepupal stage. Gradual cooling of the hives simulates winter storage conditions and arrests further larval or pupal development.

Losses resulting from second-generation development can also be prevented by incubating later than usual. If incubation is delayed so that the bees emerge about 1 July, bee losses that result from the emergence of a partial second generation can be avoided. However, alfalfa seed yield may be reduced owing to lack of pollination of the early bloom.

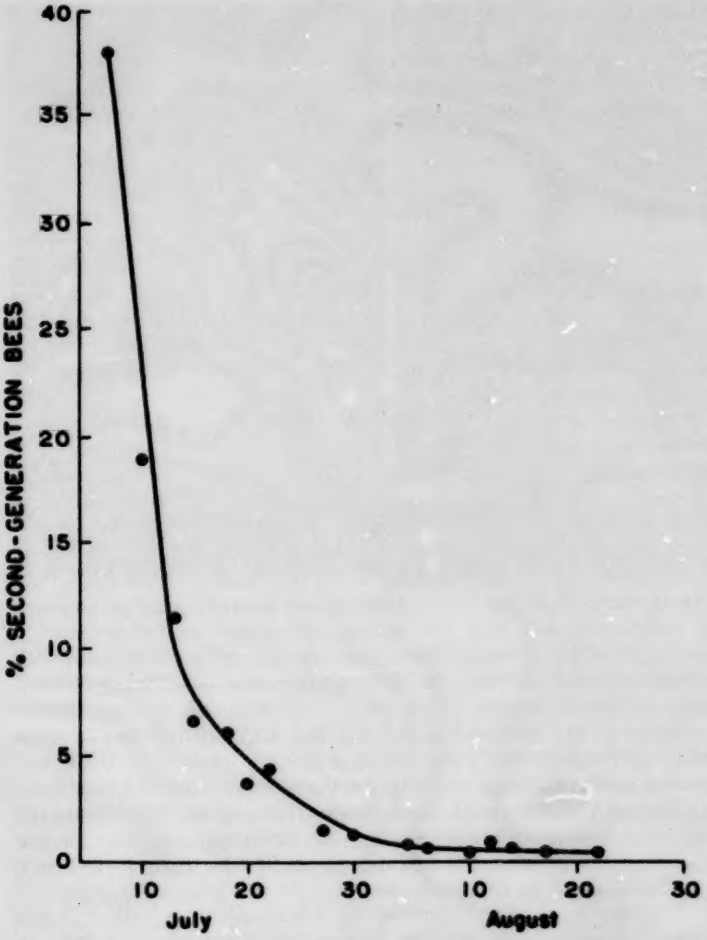


Fig. 17 Second-generation cells are produced early in the season.

Removal of hives from the field

When hives are full or when the season is over, remove and store them in an evenly heated room or building until the cells are dry enough to be removed easily from the tunnels. Hives with 75% or more capped tunnels that are removed from the field before 20 July can be replaced with additional hives. Additional bee productivity can be expected. But hives placed in the field in mid August usually produce few viable bees. End-of-season productivity is influenced by such biological factors as decreasing female populations, increased mortality of immature larvae because cool temperatures prevent feeding, movement of bee populations from full shelters to nearby and less full shelters, and amount of bloom. If a serious pest insect (e.g., grasshopper) population develops during early August, a difficult decision must be made. The choice is either to apply an insecticide (thus saving the seed crop) and terminate the bee season by removing the hives, or not to apply an insecticide (thus allowing additional bee productivity but losing some of the seed crop). The judgment is mainly economic, but seasonal history, potential seed yield, and number of females remaining for bee productivity should also be considered. Although each situation is different, it is usually advisable to remove the bees and hives and save the seed that has already been set.

No significant mortality of eggs or larvae can be attributed to jarring during transport of hives from a field. Once the hives are in storage, they should be stored at 20°C for 10–14 days to allow immature larvae to finish feeding and develop to the overwintering prepupal stage. Hives can then be cooled gradually, as if simulating winter storage conditions, which essentially arrests any further larval or pupal development. Some second-generation adults may emerge and are lost, especially if the weather remains warm. Hives removed early from the field definitely need gradual cooling or the bees will progress to adults.

If severe mold problems on the polystyrene boards are likely, remove the boards from the hives and carefully pry them apart. This allows the cells to dry and impedes further development of the mold. If parasites are also anticipated, this practice is not recommended because the cells are exposed and susceptible to infestation.

Cell remover

Although the cell remover (Fig. 18) makes it easy to remove bee cells from the grooved boards, it is rather complicated and difficult to build. A 3000-tunnel hive made with 30-tunnel polystyrene boards and containing about 20 000 cells can be stripped and the cells made ready for winter storage in less than half an hour. Several types of cell removers are available commercially.

The manual cell remover can be made in various forms and can include hand paddles made of wood or metal. One manual type is made of plywood with aluminum chutes for cells and boards and a removable head with dowel teeth. Carefully pry the grooved board apart and push each board past the dowels. Be sure that the pointed dowels remove the cells

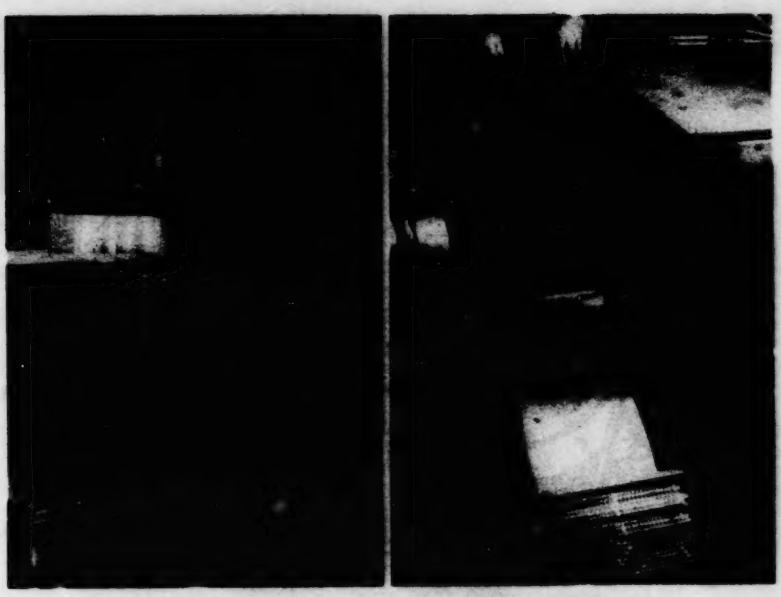


Fig. 18 Automatic (*left*) and manual (*right*) cell removers.

without piercing them. If some cells are destroyed, adjust the shims on the head of the cell remover so that each dowel slides along the bottom of the tunnel groove. The boards slide down the curved aluminum chute and stack automatically against the adjustable end wall of the chute. About one-third of the boards in a hive can be stacked before the pile becomes too high and must be removed from the stacker and replaced in the hive. To protect the wooden cell remover from wear and to make decontamination easy, paint each part with polyurethane before and after assembly. The cell remover can be steam cleaned when necessary.

The automatic cell remover can be used on both polystyrene and wood nesting materials and is preferred by most beekeepers. A plunger operating at variable speeds can force from 50 to 120 boards per minute through a metal-toothed head. The boards are fed and replaced in their original alignment. Various adjustments can be made to the machine to reduce problems with warped or sloped boards. Be sure the teeth of the head are blunt, rounded, and always clean. If the teeth are too sharp and material accumulates on the head, cocoons can be squashed or dented. Prepupae in dented cocoons usually die.

Tumbler

A motor-driven cylindrical tumbler (Fig. 19) is used for removing debris, debris-feeding insects, predators, and mold after the cells have been stripped from the grooved boards. The tumbler can deliver the

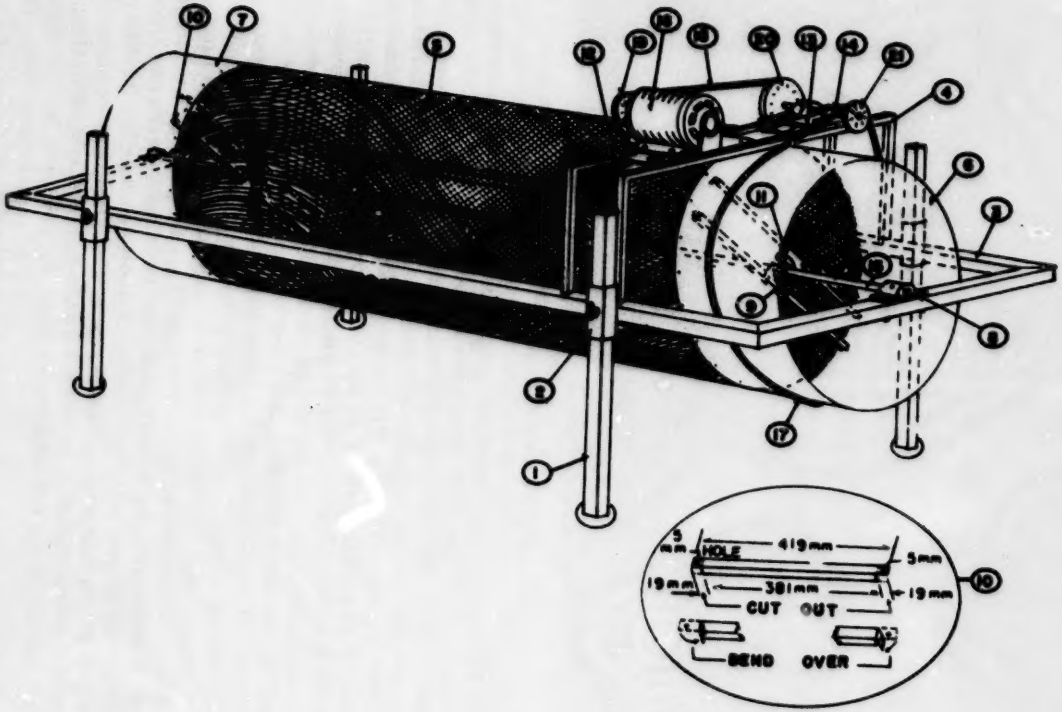


Fig. 19 Plan for an automatic tumbler.

① Four legs: 25.4 × 2.54 mm steel square tubing, 600 mm long; or 33.4 mm pipe.

② Four leg brackets: 31.8 × 2.54 mm steel square tubing, 100 mm long; or 42.2 mm pipe; with set screw for tightening.

③ Frame: 31.8 × 2.54 mm steel square tubing, two pieces 1855 mm long and two pieces 110 mm long; or 38 mm angle iron.

④ Frame for motor and reduction drive: 15.9 mm thin-wall steel square tubing; or 19 mm angle iron; two pieces 470 mm long and four pieces 305 mm long.

⑤ Expanded metal screening: diamond-shaped opening, 4.75 mm; 0.91 mm (3/16 in., 20 gauge standard) thick; size of sheet used 1200 × 1200 mm (overlap 20 mm and rivet).

⑥ Galvanized metal band: 1.22 mm (18 gauge) × 255 mm × 1200 mm (shaped to fit over screening, detail ⑤ and the ends welded).

⑦ Galvanized metal band: 1.22 mm (18 gauge) × 305 mm × 1200 mm (shaped to fit over screening, detail ⑤ and ends welded).

⑧ Two solid mounting brackets: made from a pipe 16 mm in diameter and 32 mm long, welded to a 6 × 32 × 65 mm plate.

⑨ Two bearings: self-lubricating pressed-steel self-aligning flange units, 15.9 mm bore.

⑩ Four spokes: made from 16 mm angle iron, 420 mm long; see detail ① for construction.

⑪ Two plates: 1.22 mm (18 gauge) galvanized metal 100 mm × 100 mm with center cut out to fit bearings.

⑫ Plate for motor mount: 1.22 mm (18 gauge) galvanized metal 150 × 200 mm with slotted holes.

⑬ Plate for reduction drive mount: 1.22 mm (18 gauge) × 127 mm × 150 mm galvanized metal.

⑭ Reduction drive unit: 12.7 mm shaft, 255 mm long.

⑮ 15.9 × 1880 mm solid steel shaft.

⑯ Motor: 186 watt.

⑰ Sewing machine belt.

⑱ Standard V-belt to size.

⑲ Pulley, 64 mm.

⑳ Pulley, 203 mm.

㉑ Pulley, 57 mm.

cleaned cells directly to the incubation trays or storage containers. The motor should be large enough to rotate the drum and propel the cells about halfway up the side of the drum. To avoid inadequate removal of debris and debris-feeding insects, the cells should not centrifuge or pass through too quickly. Figure 19 shows parts for the motor-driven tumbler.

Plans for a hand-cranked tumbler may be obtained from the Research Station, Lethbridge. The hand-cranked tumbler provides better quality-control than the motor-driven tumbler, but is slower. A fanning mill is sometimes used, especially for removing second-generation cells, but it does not remove most debris as efficiently as a motor-driven tumbler.

Tumble the moldy cells outdoors or under an exhaust fan, because the mold spores, which come off in clouds, may cause allergies in humans. Wear a surgical mask when stripping moldy cells, especially those from polystyrene nesting material, or when mold spores from the tumbler are not being carried away by the wind or a fan. Tumble the cells until most of the mold spores are dispersed and until leaf pieces or other debris stop dropping through the screen. Do not overtumble and expose prepupae. Some leaf pieces on the cells are necessary to ensure emergence.

Estimating production

Many factors influence yearly cocoon production including geographic location, bee management practices, agronomic practices, environmental conditions and developmental rate during the summer, and occurrence of parasites or predators. To improve beekeeping practices and to determine the number of viable bees and parasitized cells, and the sex ratio, samples need to be taken and estimates made.

Beekeepers who anticipate either domestic or export sales of bees can submit samples to the Canadian Leafcutter Bee Cocoon Testing Centre at Brooks, Alta. The Centre provides unbiased and accurate estimates of samples to help sellers obtain fair prices and buyers fair value. Beekeepers who have few bees or who do not require the accuracy of the Testing Centre can use the methods that follow. An initial sample of 200–300 g is taken to be as representative as possible of the bulk population. Cells produced from various shelters and alfalfa fields should be tumbled and mixed thoroughly before the sample is drawn. If the sampling is not random, the estimates will be inaccurate. From this initial sample, 10 15-g subsamples can be drawn. The number of subsamples and the size or weight of each subsample depend upon the accuracy needed for the estimates. The more subsamples you take, the more accurate your estimate will be. The intact cocoons can be separated from other cells by pressing and rolling the head end of the cell between thumb and forefinger. A cell that does not contain an intact cocoon usually collapses. Record the number of intact cocoons, incomplete cells, and second-generation cells in each subsample. Calculate the average number of cocoons per 15 g from the 10 subsamples. Multiply the average number

by 1000 and divide by 15 to determine the number of cocoons per kilogram. All intact cocoons can then be incubated to determine the number of females, males, dead pupae or prepupae, and parasites present in each subsample. Live prepupae and parasites can also be determined by cutting intact cocoons at the head end with a sharp knife. The sex ratio cannot be determined without an incubation test. Check the samples daily, and record and remove the parasites and the cells from which they emerged. If the parasites are not removed, they will mate, anesthetize and lay eggs on the occupants in the other cells, and stop development of the bee larvae or pupae, thus creating inaccurate results. Once the number of live bees has been determined for each subsample, calculate the production per kilogram for the whole population.

Estimates of production can be done at any time of year; however, incubation takes less time in spring than in the fall. Yearly records will indicate if parasites are being controlled and other management practices are improving.

In samples submitted by beekeepers from across Western Canada over the past 10 years, the average number of cocoons per kilogram was about 8000 (range: 4300 to 10 700/kg), and 20–30% of the cells did not contain intact cocoons. The cocoons that were incubated contained the following: 33% females, 60% males, 0.5% chalcidoid wasps, and 6.5% dead prepupae.

Bee protection

Most insecticides recommended to control pest insects of forage crops are harmful to the alfalfa leafcutter bee. In general, insecticides applied to crops during bloom are the most poisonous to bees. Bee poisoning can also occur when toxic sprays or dusts drift to adjacent crops that are in bloom. Bees may be poisoned by contact with insecticide residues on plants, by collecting or touching contaminated water on foliage or flowers, and by collecting contaminated pollen or nectar. Various procedures can be followed to reduce the chance of pesticide–pollinator interactions. Survey the fields frequently for pest insects before the crop blooms. If insecticides are needed they can be applied most effectively at critical stages in the development of the pest insects. Harsh insecticides can be used in the prebloom application before the bees are in the field. If interference with the bees is anticipated, bee incubation can be prolonged by lowering the temperature in incubators until any remaining residues of the insecticide dissipate from the field. Other measures include applying sprays only in the evening or at night when bees are out of the field, covering hive or shelter fronts to reduce drift of sprays into hive tunnels, or removing bees to another field.

Theft of hives from the field and of cells from storage over the winter has occurred. Theft can be reduced by providing identification marks (e.g., symbols, initials) painted on the front of the hives, by branding initials on the sides, or by applying pressurized impressions of symbols or

initials on the sides or back of hives. Also, fluorescent dusts, dyes, or sprays can be put inside hives, on nesting materials, or mixed with cells once they are removed from hives. Grain confetti used as markers and sprinkled into tunnels may be incorporated with leaf pieces into cells. A notice placed in the shelters that hive equipment and bees are marked for protection deters theft. Check hives often and bring them in when filled to prevent extended exposure to thieves. Cooperate with your neighbors by reporting unauthorized vehicles in their fields or near beekeeping equipment.

Parasites and predators

The loose-cell system of bee management enables control of natural parasites or predators that prey on the bee or feed on stored products. The system has been criticized because the types of hives and laminated grooved nesting materials and the incubation of loose cells in trays are conducive to population increase of harmful insects. However, these criticisms are unfounded. Over the last 10 years, mortality attributable to parasites or predators accounted for less than 1% of the total bee population across Western Canada. Under the intensive loose-cell system of bee management, parasites or predators can be controlled by precise construction of hives, controlled incubation and light traps, and physical separation during the removal and subsequent tumbling of cells from the hives. The chalcid wasps (Fig. 20), especially *Pteromalus venustus*, are the most common of the 21 species of insects associated with the bee. These pest insects are often associated with other native bees and wasps, and beekeepers with higher than average numbers of native bees in their operation tend to acquire various types of pest insects first.

Pteromalus venustus Walker

Pteromalus venustus is the most common chalcidoid wasp parasite associated with the alfalfa leafcutter bee in Western Canada. This wasp was accidentally introduced from Europe and probably arrived in Canada with the bee. It occurs in some proportion in all beekeeping operations.

Adult females are 2.5 mm long and males are 2 mm long. Females are black with dark brown on the legs, and males are similar but have a metallic green head. Females have a slender ovipositor (egg-laying organ) and enlarged hind legs. Adults emerge through a single hole chewed through the leafcutter bee cell. Males usually emerge before females.

Females of *P. venustus* pierce the cocoons of their hosts with their ovipositors to anesthetize the hosts and lay eggs. In one 4-hour period, 110 eggs were laid on the surface of a bee larva by a female; usually, fewer eggs are laid. Eggs hatch in 1–2 days, depending upon temperature, and

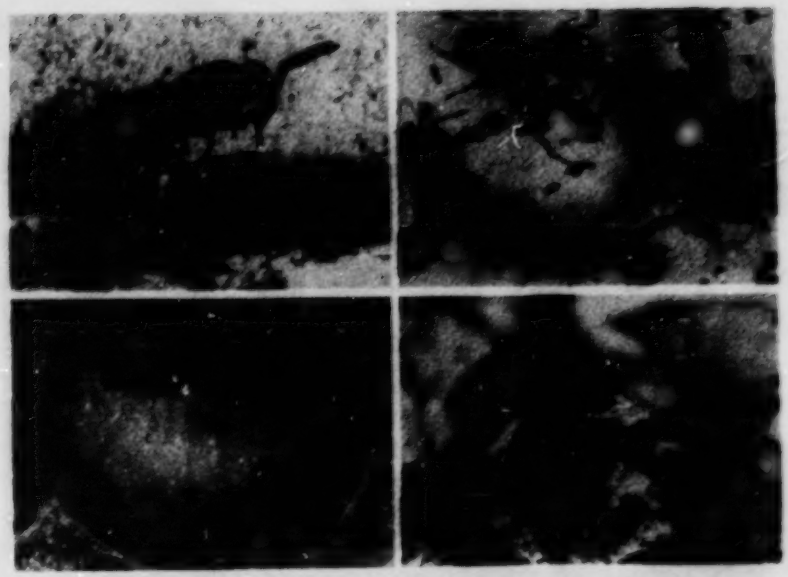


Fig. 20 Adult chalcid wasps: *Pteromalus venustus* (top left), *Monodontomerus obscurus* (top right), *Melittobia chalybii* (bottom left), and *Dibrachys confusus* (bottom right).

the small white hairless larvae attach themselves to the paralyzed bee and begin feeding. The parasite larvae are about 2.5 mm long when mature (Fig. 21). There is considerable mortality of eggs and larvae, partly because of cannibalism, but not of pupae. Larvae can either progress directly to the adult stage or remain as mature larvae and enter the overwintering state. Overwintering larvae require some cold treatment before progressing to the adult stage. Adults and larvae sometimes occur in the same cell. Adult parasites emerge over a 4-day period starting on the 8th or 9th day of incubation. The wasp develops so rapidly at 30°C that if it is poorly controlled during first emergence, another emergence can occur before or just as the bees are taken to the field, thus resulting in another loss of unemerged bees owing to the parasites. The number of parasites completing development per cell depends on the number of females laying eggs in that cell. When only one female lays eggs in a cell, about 16 adults (range: 7–26) are produced, but the number of adults produced per cell increases when several females lay in a cell, even though the number of adults produced per female decreases. The male-to-female ratio averages 1:3. Unmated females produce only male offspring.

Fig. 21 Comparison of mature larvae of *Melittobia chalybii* (left), *Pteromalus venustus* (center), and *Monodontomerus obscurus* (right).

Monodontomerus obscurus Westwood

Monodontomerus obscurus is widespread in nests of wild bees across North America, especially where the alfalfa leafcutter bee is used. In Canada, it was more common when bees were imported from the United States than it is now.

Adults are shiny, metallic blue green with red eyes. Females are 3.5 mm long and males are 2.5 mm long. Females have a long slender ovipositor and enlarged hind legs. Males emerge before females through a single hole from the cocoons in which they developed.

The female anesthetizes the bee larvae with her ovipositor, and then in the space between the host and the inner wall of the cocoon lays 3–51 (average: 10) slender eggs. Larvae of *M. obscurus*, unlike those of *P. venustus* and *Melittobia chalybii* (Fig. 21), are sparsely covered with bristly hairs. These hairs aid the first-instar larvae to reach the host. The average time from egg to adult is about 20 days at 30°C. The average male-to-female ratio is 1:3. The average number of parasites that complete development per bee cell is 10 (range: 3–27). Unmated females produce only male offspring. Parasites overwinter as mature larvae, and adults emerge over a 7-day period beginning about the 10th day of incubation. Even if the chalcid is poorly controlled during its emergence, a second emergence in the incubator is unlikely. However, in some cases, when

incubation trays are left too long in the field and contents are not discarded, another emergence may occur. Leafcutter bees are susceptible to attack up to one day before emergence.

Melittobia chalybii Ashmead

Melittobia chalybii is widespread in North America, mainly parasitizing nesting solitary and social wasps and native bees, including leafcutter and bumble bees. Although *M. chalybii* is rarely encountered in alfalfa leafcutter bee operations, its array of alternative hosts suggests that it is found in all areas of Western Canada where alfalfa seed is produced. Its small size, high reproductive rate, and potential for several generations per year suggest that if it is encountered in a beekeeping operation, this species could be a serious pest.

Adults are small, about 2 mm long, and black to dark brown. Males lack wings, whereas females are normal. Courtship and mating take place within a cocoon. Males live in the cocoons in which they developed and apparently can neither see well nor fly. Although males can use exit holes made by females, dead males are found in cocoons from which females have emerged. Unmated females sometimes lay a few eggs that become the males with which they mate to produce numerous offspring.

Within a day after mating, females chew holes in cocoons and enter them to anesthetize, feed on the fluid from the wound, and lay eggs on the surface of the bee. The larvae are about 1.5 mm long when mature. Several generations per year are possible, because egg to adult takes 17 days at 20°C and larvae do not require a cold overwintering treatment for development. A leafcutter bee larva supports about 175 (range: 74–281) parasite larvae. The male-to-female ratio is 1:27. Fortunately, this parasite does not survive well during prolonged cold-storage conditions.

Dibrachys confusus (Girault)

Dibrachys confusus is widespread in Canada in a variety of native bee nests. Although this wasp has been known to be associated with the alfalfa leafcutter bee since 1967, it was rarely encountered. However, in recent years its frequency of occurrence has increased, especially in the aspen parkland areas where numerous native bees, particularly *Megachile relativa* Cresson, are nesting in hives.

Adult females are 2.5 mm long and males are 2.0 mm long. Both sexes are similar in size and shape to *Pteromalus venustus*, except that the legs of *D. confusus* are reddish yellow and the females have partly cloudy forewings. Little is known about the biology of this wasp. Adults emerge through a single hole chewed through the leafcutter bee cell. Males usually emerge before females, and a courtship pattern occurs before mating.

Females anesthetize their host before laying eggs. Eggs hatch after one day and the time from egg to adult at 30°C is 15 days. On a natural

host, *M. relativa*, the female produces 24 adults (range: 4–47) per cell. Survival of eggs and young larvae on the introduced host, the alfalfa leafcutter bee, is low and only 12 adults (range 4–41) are produced per cell. The high mortality may be a result of a necrosis of the bee once the young larvae start feeding. Because of its low survival, this parasite may not develop in importance. The male-to-female ratio averages 2:1.

Coelioxys, cuckoo bees

Three species of *Coelioxys* (*sodalis* Cresson, *funeraria* Smith, and *moesta* Cresson) have so far been recorded as parasitic to the alfalfa leafcutter bee in Western Canada. Several other *Coelioxys* species that occur in Western Canada have also been recorded as parasites in the United States. Although they are relatively rare, individuals are more common in bee-keeping operations in the parkland areas of Alberta, Saskatchewan, and Manitoba than on the prairies.

Coelioxys belongs to the leafcutting family Megachilidae and, having evolved from *Megachile*, it is very similar in appearance to the pollen-collecting leafcutter bees. Cuckoo bee females lack pollen-collecting hairs on the underside of the abdomen and have a longer, more sharply pointed abdomen than the alfalfa leafcutter bee. The characteristic pointed abdomen is an obvious modification for inserting eggs into host cells. Males are smaller than females and have a broader abdomen with short distinct spines protruding from the last abdominal segment. Females can be recognized by their rapid flight in front of leafcutter bee hives as they attempt to enter tunnels to lay eggs.

Cuckoo bee females oviposit by piercing the pollen mass and leaf lining on the base or lower side of the cell and depositing the egg through a slit while the female leafcutter bee is out foraging. Only the extreme anterior end of the egg touches the pollen mass. After provisioning is completed, the *Coelioxys* egg is usually buried more than halfway below the surface of the pollen mass. The egg is colorless and has a swollen anterior end. Upon hatching, the first-instar larva is small and delicate and remains in that stage for about 11 hours. It usually feeds on pollen. The second instar is elongate and cylindrical with a large head and large, hard, sharply pointed mandibles. The larva has a pair of hornlike dorsal spines that it uses to burrow to the surface of the provisions. The third instar looks the same as the second and usually kills the host or other cuckoo bee larvae (several eggs are often laid in the same cell). Fourth and fifth instars do not have large head capsules or long mandibles and appear similar to the leafcutter bee larvae. These instars feed on the pollen without competition from host or other cellmates. After development is completed, the mature larva spins a cocoon. In an incubator, adult males and females usually emerge a few days before leafcutter bees.

Vitula edmandsae serratilineella Ragonot, driedfruit moth

The driedfruit moth (Fig. 22) is a native species found throughout North America as a pest of dried fruits such as apples and peaches, honeycombs, and bumble bee nests. It has recently increased in occurrence in Western Canada, particularly in Alberta. Infestations have been confined primarily to storage areas for hives, incubators, or workshops. The moth is most commonly seen as a mature larva when cells are removed from hives.

Adult moths are light gray with darker irregular gray markings on the wings. The wing span is 20 mm and the body is about 15 mm long. Females live about 17 days and males die in 10 days or less. Both males and females release pheromones during courtship. Females begin laying from 100 to 325 eggs in cracks of bee hives on the 3rd day after mating. The

Fig. 22 *Vitula edmandsae serratilineella* adults and pupae (*top left*), larvae (*top right*), and damage by larvae to cells and polystyrene boards (*bottom*).

cream-colored eggs hatch in 4–6 days, and young larvae begin feeding immediately. Larvae invade hives through uncapped tunnels and along the sides and back of a hive. Tunnels with no bee cells are frequently used to gain access to the back of a hive. Immature larvae frequently chew across the tunnel walls of polystyrene nesting material (Fig. 22), but not the walls of wood nesting material. Polystyrene hives with numerous holes chewed through the tunnel walls are, in subsequent years, susceptible to chalcid wasp invasions.

It takes about 30 days for larvae to grow through five or six instars. The larvae feed on a variety of materials and survive better on pollen, incomplete cells, honey, and live bee larvae than on leaf pieces and dead bees. Each larva consumes the pollen and nectar provisions of about one cell in its lifetime. It may destroy up to six cocoons in a tunnel while searching for food. The larva constructs a webbed tunnel using its own frass in the construction, from which it protrudes while feeding. If disturbed, the larva will immediately withdraw into its shelter or move in an irregular manner to a sheltered area. A mature larva (Fig. 22) is about 15 mm long, white to light pink, and has a dark brown head. Mature larvae tend to leave the tunnels and food source before overwintering and aggregate in sheltered webbing clusters of up to several hundred. These clusters are often located in the space between hives. Mature larvae, not removed during tumbling of cells, web masses of cells together during winter storage and in incubation trays. Pupation lasts about 11 days and usually occurs in early spring but may occur in the fall if shop temperatures are warm. Eggs or young larvae can be taken to the field with the hives. When environmental conditions are favorable for reproduction, several generations are possible per year.

Nemognatha lutea Le Conte, brown blister beetle

The brown blister beetle is a native species that commonly occurs with large native bees in southwestern Saskatchewan and southeastern Alberta. It is more prevalent in areas adjacent to native prairie than in cultivated areas. It consumes from one to three cells, depending upon size of host, to complete development.

Adults have a yellowish tan, hardened fore wing and vary in size from 7 to 15 mm long, depending upon the amount of food the larva ate. They are commonly seen on flower heads of thistle, sunflower, or yarrow. About 200 yellow eggs are laid in masses at the base of buds and flowers of host plants. Eggs hatch into dark brown first-instar larvae (triungulin), 1 mm long, which have three claws on each leg. The beetle actively seeks the bees and uses its claws to attach itself to any bee that visits the flower. After the bee returns to its nest, the triungulin detaches itself and begins feeding on the pollen–honey provisions and the bee egg. Subsequent instar larvae are creamy white with a light brown head and are about 20 mm long when mature. Development is rapid when suitable provisions are available. When pollen in one cell is consumed, invasion into one or

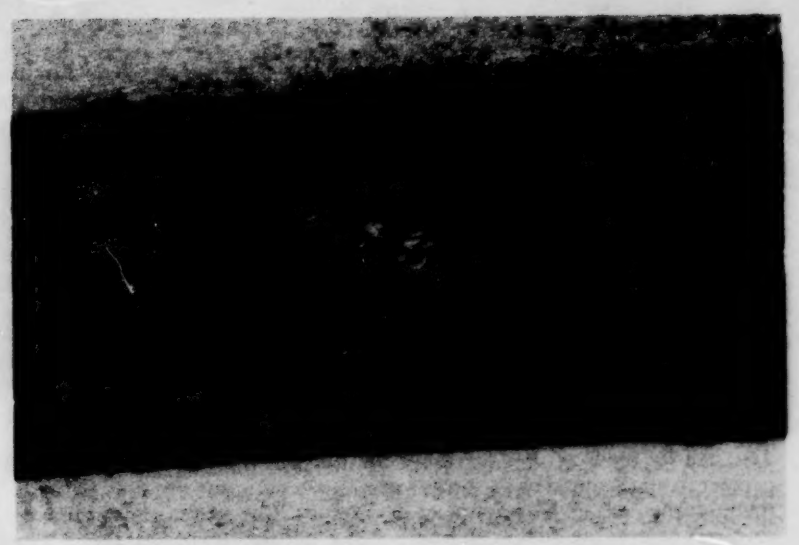


Fig. 23 Pupa of *Nemognatha lutea* in cells.

two other cells occurs. The overwintering instar that is most commonly seen is the coarctate, a hard, dark brown, cocoonlike mature larva (Fig. 23). Few coarctate larvae survive tumbling because desiccation apparently occurs when the thin membranous covering is broken. Adults emerge in an incubator just before bees emerge.

Stored-product beetles

Stored-product beetles associated with the leafcutter bee include the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus); red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst); rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens); black flour beetle, *Tribolium audax* Halstead; smooth carpet beetle, *Trogoderma glabrum* (Herbst); confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val; and spider beetle, *Ptinus* sp. These beetles are cosmopolitan in distribution and have been found consistently in leafcutter hives, incubators, and work areas. None are important as serious nest destroyers of the bee. The adults and larvae are primarily attracted to pollen, but sometimes penetrate spun cocoons and kill bee larvae when searching for pollen. Most of these beetles are capable of feeding at low temperatures, have a high reproductive rate, and produce more than one generation a year. These beetles are often found when sanitation practices are lax or when hives are stored near infested buildings, such as old or unused granaries.

Other parasites and predators

A considerable number of other insects have been associated with the leafcutter bee across Western Canada. However, these insects have rarely been encountered and none have become significant pests under field conditions, incubation, or storage. Of this group, the checkered flower beetle, *Trichodes ornatus* Say, is considered to be potentially the most serious predator of the leafcutter bee. It is found in British Columbia, along the foothills, and northern Alberta, but not on the prairies. In the Pacific Northwest of the United States, it has consistently caused severe damage. One larva often consumes eight cocoons and destroys more than 20. Two wasp parasites, *Sapyga pumila* Cresson and *Leucospis affinis* Say, have been recorded only in the Okanagan Valley of British Columbia. This distribution is probably an extension from Washington, where both have been serious pests. Wasp larvae usually consume bee larvae and provisions. Two flies, the dewy bee fly, *Anthrax irroratus* Say, and a conopid, *Physocephala texana* (Williston), are found mainly on the prairies. The bee fly feeds on bee larvae in the tunnels. Two horny spines that project from the head of the pupa are characteristic and are used to break through the bee cell before the adult emerges. The adult conopid female captures female bees while they forage and deposits an egg on them. The egg hatches and the larva crawls inside the female bee and consumes the internal organs. The dead female can be recognized by her elongated abdomen, which contains the fly pupa. This fly is probably one of the main insects that reduce adult foraging populations. Other insects sporadically encountered include ants, dragonflies, yellowjackets, earwigs, and pollen-eating mites.

Control

Various control procedures can be implemented in the loose-cell system of management. Procedures to reduce the number of parasites that enter the hives are discussed in the section on hives. During the incubation process, the use of black (ultraviolet) lights to attract parasites to a water trap is essential. Ultraviolet lights are more attractive to the parasites than incandescent lights. Use an ultraviolet light such as the Canadian General Electric F20T12/BLB lamp in a CS6024 fixture, or its equivalent. Rated life expectancy for these lamps is about 7500 hours, but is reduced considerably with repeated starts. If the lamps appear dim or are not attracting parasites, replace them. The ultraviolet light and water bath are usually placed on the floor between the shelves. It is easier for the parasites to hop down to lights than to fly up to them. In large controlled-temperature rooms, several sets of ultraviolet lights and water baths are needed. Detergent in the water reduces surface tension so that parasites drown readily. An ultraviolet light with water bath should operate in the workshop from May to November. This will attract and control insects that escape in the shop and eliminate those that emerge from hives or are transported on hives returned from the field.

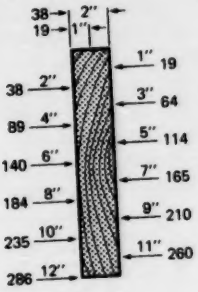
Repeated vacuuming with a household vacuum cleaner effectively removes chalcid wasps from the walls and floor of the incubator, from the fronts of the incubation trays, and from the shelf units in the incubator. Wasps can sometimes be pulled through the screen of the incubation tray by a strong vacuum. To be most effective, vacuuming should be done a few times each day when the parasites are emerging.

The use of insecticide vapor strips in incubators is effective in controlling chalcid wasps. Use the vapor strip just as the first parasites emerge and leave it in the room for about 4 days or until the parasites finish emerging. Parasites should start to die soon after they are exposed to the strip. Attaining vapor concentrations that are high enough to control parasites may be difficult in incubators with air flow in and out of the room. Additional pieces of vapor strip may be needed in incubators with a high air flow; the rate for each incubator may vary. These strips should be used with great care because high rates of exposure for prolonged periods of time may cause bee mortality. Also, vapors from most insecticide strips adhere readily to organic surfaces (e.g., wooden incubation trays) and, as the vapors are released, subsequent losses of bees may occur. After the strip is removed, open the door to the incubation room and circulate the air with fans for at least 24 hours before resuming incubation. Expose the bees to vapor strips only once.

Sprays, baits, fly strips, paints, oil baths, or grease are marginally effective in controlling chalcidoid wasps and other pest insects in an incubator. Perlite, vermiculite, or sawdust to cover the cells in incubation trays are also marginally effective in controlling parasites and reducing the parasitism of cocoons in trays. These materials, especially perlite, need to be removed from the trays and the cells again tumbled thoroughly. This additional step must be taken before the bees emerge, as these materials impede bee emergence and perlite adheres to the pollen-collecting hairs of females.

SAWN LUMBER SIZES

(soft conversion)



CONSTRUCTION PLYWOOD

modular size of a sheet 1200 x 2400 mm

imperial (nom.)	metric (actual)	
	sanded	sheathing
1/4"	6 mm	–
5/16"	–	7.5 mm
3/8"	8	9.5
1/2"	11	12.5
5/8"	14	15.5
3/4"	17	18.5

CONVERSION FACTORS

Metric units	Approximate conversion factors	Results in:
LINEAR		
millimetre (mm)	x 0.04	inch
centimetre (cm)	x 0.39	inch
metre (m)	x 3.28	feet
kilometre (km)	x 0.62	mile
AREA		
square centimetre (cm^2)	x 0.15	square inch
square metre (m^2)	x 1.2	square yard
square kilometre (km^2)	x 0.39	square mile
hectare (ha)	x 2.5	acres
VOLUME		
cubic centimetre (cm^3)	x 0.06	cubic inch
cubic metre (m^3)	x 35.31	cubic feet
	x 1.31	cubic yard
CAPACITY		
litre (L)	x 0.035	cubic feet
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2.5	bushels
WEIGHT		
gram (g)	x 0.04	oz avdp
kilogram (kg)	x 2.2	lb avdp
tonne (t)	x 1.1	short ton
AGRICULTURAL		
litres per hectare (L/ha)	x 0.089	gallons per acre
	x 0.357	quarts per acre
	x 0.71	pints per acre
millilitres per hectare (mL/ha)	x 0.014	fl. oz per acre
tonnes per hectare (t/ha)	x 0.45	tons per acre
kilograms per hectare (kg/ha)	x 0.89	lb per acre
grams per hectare (g/ha)	x 0.014	oz avdp per acre
plants per hectare (plants/ha)	x 0.405	plants per acre

L'élevage de la découpeuse de la luzerne (mégachile) dans l'ouest du Canada

Agriculture Canada

Publication 1495/F

Canada

PUBLICATION 1495F, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. A53—1495/1984F ISBN: 0-662-92332-4
Impression 1984 1M—2:84

Also available in English under the title
Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada.

Table des matières

Introduction 4

Associations de producteurs de semences de luzerne 5

Biologie 5

Conduite de l'élevage 13

Obtention des mégachiles et soins à l'arrivée 13
Équipement 14
Ruches 14
Décontamination des ruches et des cellules 21
Pièce à température contrôlée 22
Plateaux d'incubation 27
Abris 28
Seconde génération de mégachiles 37
Rentrée des ruches 39
Extracteur de cellules 40
Tambour 41
Estimation de la production 44
Protection des mégachiles 45

Parasites et prédateurs 46

Pteromalus venustus Walker 46
Monodontomerus obscurus Westwood 48
Melittobia chalybii Ashmead 49
Dibrachys confusus (Girault) 50
Coelioxys, coelioxyde 50
Vitula edmandsae serratilinerella Ragonot, pyrale des fruits secs 51
Nemognatha lutea Le Conte, némognathe brun 53
Insectes ravageurs des denrées stockées 53
Autres parasites et prédateurs 54
Moyens de lutte 55

L'élevage de la découpeuse de la luzerne (mégachile) dans l'ouest du Canada

K.W. Richards
Station de recherche, Lethbridge (Alb.)

Introduction

La mégachile ou découpeuse de la luzerne, *Megachile rotundata* (Fabricius), est la seule abeille sur laquelle on puisse se fier, dans l'ouest du Canada, pour polliniser efficacement la luzerne. Plusieurs espèces d'abeilles, y compris les bourdons et les mégachiles indigènes, sont d'excellentes pollinisatrices, mais leurs populations fluctuent considérablement d'année en année. En outre, celles-ci sont à la baisse du fait qu'on a détruit ou modifié leur milieu de nidification par le défrichage des terres, le brûlage des déchets, le travail du sol et l'irrigation. On ne peut donc compter sur un nombre suffisant d'insectes indigènes pour bien polliniser la luzerne. L'introduction de la découpeuse de la luzerne permet de rentabiliser la production de semences de luzerne partout où celle-ci peut s'adapter, et où les conditions de croissance et de récolte conviennent à cette culture.

Le système d'élevage à cellules libres mis au point pour la découpeuse de la luzerne rend possible l'élevage des grandes populations d'abeilles nécessaires pour polliniser la luzerne. Il permet d'enlever facilement les cellules des ruches pour l'hiver, sans détruire le matériel rainuré et laminé de nidification. Diverses mesures concourent à l'élimination des parasites et des prédateurs; mentionnons la construction même de la ruche, la méthode d'incubation, ainsi que l'enlèvement des cellules des ruches et leur nettoyage dans un tambour. Ce système comprend également l'emploi judicieux des installations d'entreposage frigorifique et d'incubation de façon à synchroniser l'éclosion des mégachiles et le début de la floraison. Les apiculteurs prélèvent des échantillons de cellules de leur production courante afin d'estimer avec précision le nombre de cocons intacts, de femelles et de parasites. Grâce à ces estimations, il est possible de suivre les progrès dans l'amélioration des pratiques d'élevage et d'établir des lignes directrices sur l'achat, la vente, l'exportation et la location de mégachiles par les producteurs de semences de luzerne. Il est vrai que le système d'élevage à cellules libres nécessite de forts investissements en matériel spécialisé, et beaucoup de soins attentifs, mais les éleveurs consciencieux tirent de la vente des mégachiles excédentaires des profits souvent comparables à ceux qui découlent de la vente des semences.

Associations de producteurs de semences de luzerne

Par leurs assemblées annuelles, leurs journées d'étude et leurs bulletins, les associations de producteurs de semences de luzerne des provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba diffusent une foule d'informations sur la production de semences de luzerne et sur la conduite des élevages de mégachiles. Leurs membres discutent des problèmes de la profession et transmettent des recommandations aux autorités compétentes. Les associations fournissent également la liste des apiculteurs qui ont des abeilles à vendre. Un objectif commun de ces associations est d'établir des lignes directrices à l'intention du Centre canadien d'épreuve de la mégachile. À cette fin, elles surveillent la qualité des abeilles et s'efforcent d'établir des normes de classement et de vente.

Biologie

Le genre *Megachile* comprend toutes les abeilles dites «coupeuses de feuilles» qui font leur nid avec des morceaux de feuilles ou de pétales, à l'exclusion des espèces qui utilisent plutôt de la résine, de la boue ou d'autres matériaux du genre. On dénombre quelque 115 espèces de mégachiles en Amérique du Nord, dont 22 se trouvent dans l'ouest du Canada. La découpeuse de la luzerne est d'origine eurasienne. Elle est plus petite que les mégachiles indigènes et ses brosses à pollen (rangées de poils situées sous l'abdomen des femelles et servant à récolter le pollen) sont gris argenté. Les autres mégachiles femelles ont généralement des brosses à pollen de couleur dorée, havane ou noire. De taille plus imposante que le mâle, la découpeuse femelle (fig. 1) se caractérise par un petit nombre de poils gris sur la face, et un abdomen en pointe de forme ovale, muni d'un dard et recouvert de rangées parallèles de poils bien visibles servant à récolter le pollen. Le mâle (fig. 1) possède un abdomen tronqué, aux parois droites, et est dépourvu de brosses à pollen; on note beaucoup de poils jaunes sur la face et des antennes légèrement plus longues que celles de la femelle.

Toutes les mégachiles sont naturellement solitaires, bien que la découpeuse de la luzerne puisse aussi être grégaire. À la ruche, la femelle fait son ou ses propres nids, ramasse des provisions, puis pond ses œufs dans les cellules, mais elle entretient peu de rapports avec les autres femelles de sa propre génération ou de celle de ses filles. La propension de la découpeuse de la luzerne à former des colonies est l'un des principaux facteurs permettant de la domestiquer. Elle possède aussi d'autres caractéristiques intéressantes à cet égard: elle accepte les ruches qu'on met à sa disposition; l'apiculteur peut synchroniser l'éclosion des abeilles et le début de la floraison; et contrairement à l'abeille domestique ou au bourdon, la découpeuse ne s'éloigne pas de sa ruche pour butiner. Certaines de nos mégachiles indigènes peuvent vivre en ruches artificielles, mais elles ne sont pas grégaires, et même quand elles sont nombreuses, elles ne demeurent pas là où on les place.

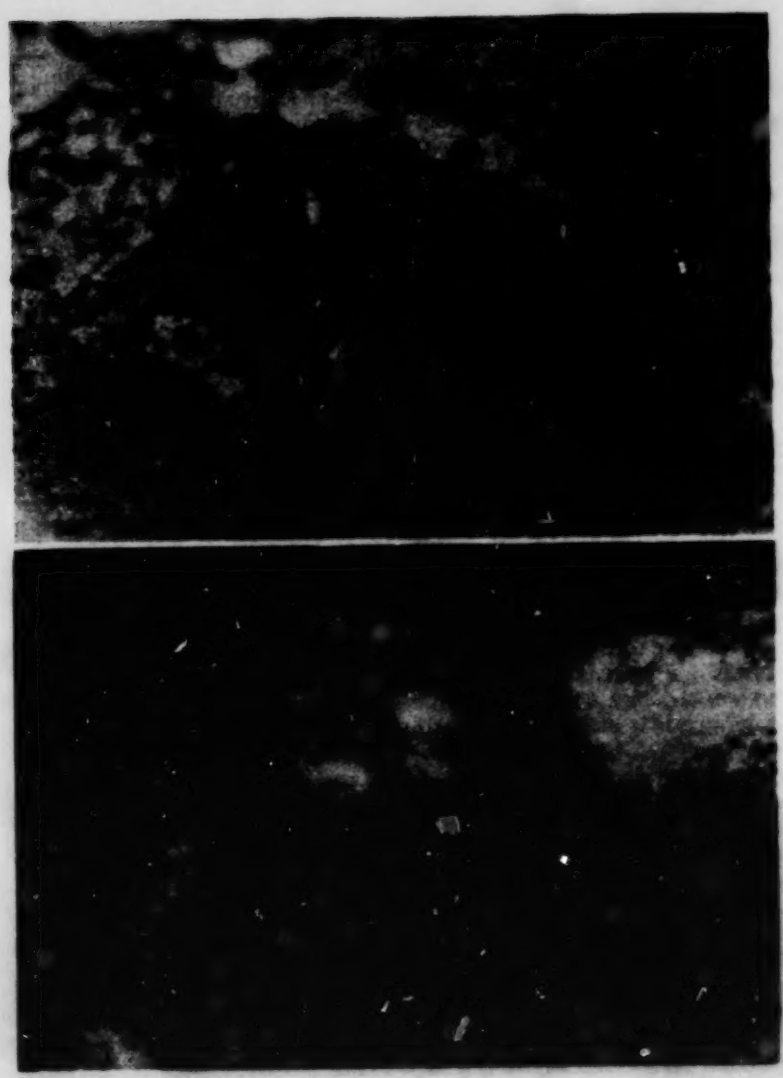


Fig. 1 *Megachile rotundata* (F.), découpeuse de la luzerne; femelle (au haut) et mâle (au bas).

L'éclosion des prépupes entreposées pendant l'hiver à 5°C, puis incubées à 30°C, commence au 20e jour et se poursuit jusqu'au 31e. Environ 50% des mâles éclosent avant le début de l'éclosion des femelles (fig. 2); l'éclosion des mâles culmine le 22e jour, et celle des femelles, les 24e et 25e jour. Quelque 95% des mâles et des femelles sont respectivement éclos au 25e et au 27e jour. Le début et la durée de la période d'éclosion, la séquence d'éclosion des mâles et des femelles et le taux de mortalité des prépupes varient en fonction de la température à laquelle celles-ci sont exposées avant l'entreposage, de la température d'entreposage durant l'hiver et de la durée d'entreposage. On ne peut conserver les cocons pour une deuxième année.

Les femelles s'accouplent tôt après leur sortie des cocons. Contrairement aux mâles, elles ne s'accouplent qu'une seule fois. Elles conservent suffisamment de sperme dans leur réceptable séminal pour fertiliser tous les œufs qu'elles peuvent pondre. Les œufs commencent à se développer peu après la fécondation. Pendant ce processus, les femelles se nourrissent à la fois de pollen et de nectar, se mettent à la recherche d'un tunnel de nidification convenable et commencent la construction de la première cellule.

Pour construire et approvisionner une cellule, la mégachile femelle doit choisir, couper, transporter et agencer dans le tunnel du matériel foliaire convenable, en plus de récolter du pollen et du nectar. Elle préfère des feuilles molles et flexibles, et utilise volontiers les feuilles et les fleurs de luzerne, ainsi que celles d'autres plantes, telles que le trèfle, le sarrasin, le rosier, le chénopode blanc et la sauge. Il lui arrive de découper complètement ou partiellement plusieurs feuilles et de les abandonner avant de trouver le morceau qui lui convient. Elle se sert de ses mandibules pour ce travail, en tenant avec ses pattes la feuille près de son corps (fig. 1). Le poids moyen de la mégachile femelle est d'environ 35 mg; l'insecte réunit des chargements de morceaux de feuilles correspondant à environ 17% de son propre poids. La taille des morceaux est probablement fonction de l'axe de rotation utilisé dans le découpage, et il devrait être le même pour tous les types de feuilles.

La mégachile tient le bout avant du morceau de feuille entre ses mandibules pour le transporter vers le tunnel. Elle empile plusieurs morceaux ovales en couches successives au fond du tunnel, aménageant une cellule à fond concave, en forme de dé à coudre. Les morceaux de feuilles sont cimentés soit avec une sécrétion salivaire, soit avec le jus qu'ils renferment. Le nombre de fragments nécessaires pour fabriquer chaque cellule varie en fonction du diamètre du tunnel, soit 14 ou 16 fragments pour des tunnels de 6,4 ou 7,2 mm de diamètre (éventail: de 8 à 27.) Le couvercle est formé de deux ou trois morceaux de feuilles supplémentaires découpés et mis en place après la ponte. Les femelles qui font leur nid dans des trous de grandes dimensions peuvent utiliser jusqu'à 37 morceaux de feuilles pour réduire la taille de la cellule, de façon qu'elle s'adapte aux dimensions du tunnel. Les côtés de ces feuilles sont souvent évasés et plus ou moins bien rattachés aux autres feuilles. Les femelles terminent presque toujours la construction d'une cellule avant

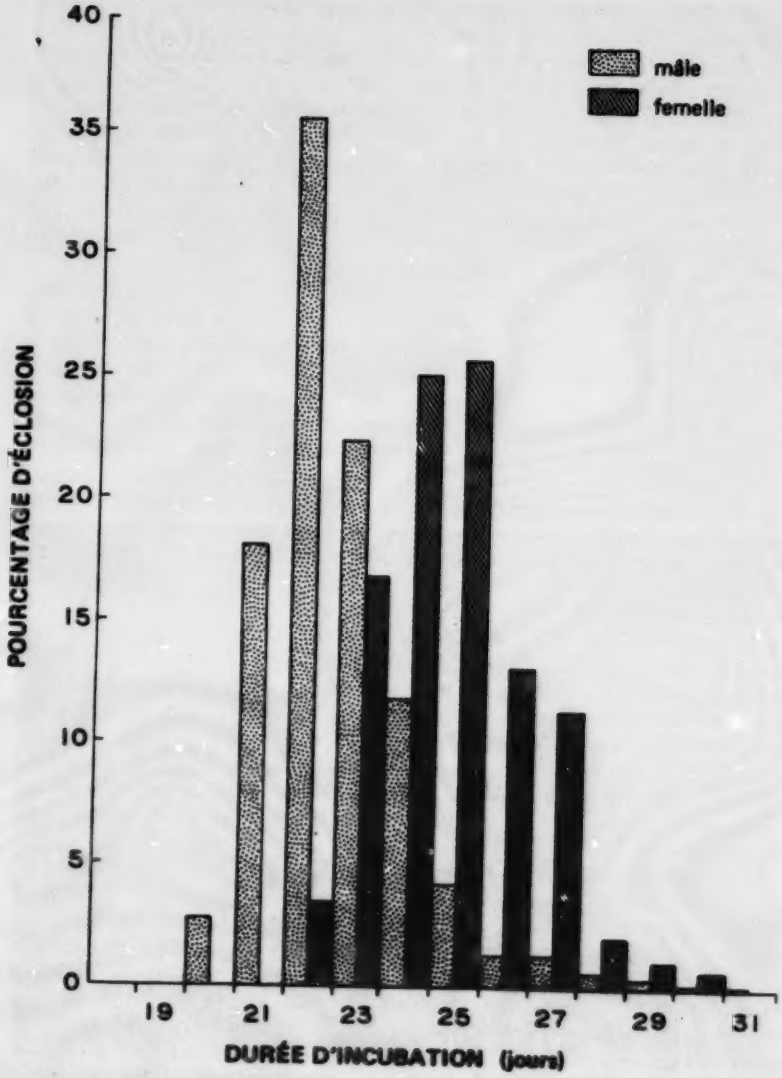


Fig. 2 Graphique illustrant l'éclosion complète de la découpeuse de la luzerne à une température constante de 30°C.

de l'approvisionner. En conditions de butinage idéales, il faut environ 2½ h pour construire une cellule.

Dans sa recherche de nourriture, la découpeuse de la luzerne fréquente plusieurs sources de pollen et de nectar, et elle accepte volontiers la luzerne lorsque celle-ci est la plus près et la plus abondante. Elle pollinise également le mélilot, le trèfle alsique, le sainfoin, le lotier corniculé et l'astragale pois chiche. Sur une fleur de luzerne, la femelle écarte la carène, insère sa langue dans la corolle et aspire le nectar. Les étamines et le pistil, normalement maintenus sous tension par la carène, sont relâchés et viennent frapper la femelle sous la tête et sur la partie frontale du thorax, entre les pattes. La pollinisation de la fleur se produit alors. La femelle récolte le pollen en le faisant passer de ses pattes avant à ses pattes centrales et arrière, et enfin à ses brosses à pollen. Souvent elle va d'une fleur à l'autre sur une même grappe avant de changer le pollen de pattes. De retour au nid, la femelle y pénètre tête première, régurgite le nectar, fait demi-tour dans le tunnel, recule vers les provisions, nettoie le pollen de sa brosse par des mouvements rapides de ses pattes arrière, puis tasse la pâte de pollen et de nectar avec l'extrémité de son abdomen.

La mégachile récolte environ 80% de pollen et 20% de nectar dans son premier chargement de provisions, puis accroît le pourcentage de nectar dans les chargements suivants et termine par un ou deux chargements entièrement composés de nectar. Étant donné que la femelle recueille différentes quantités de nectar à chacun de ses voyages, on peut penser qu'elle choisit de retourner au nid lorsque son chargement atteint un certain poids, plutôt qu'au moment où son jabot est plein de nectar. Le chargement maximal correspond à environ 23% de son poids. Les provisions totales de chaque cellule se composent d'environ deux parties de nectar pour une de pollen, et nécessitent de 15 à 27 sorties. La quantité de provisions et la taille des larves sont fonction du diamètre du tunnel et non de la taille de la mère. Si les femelles sont plus grosses que les mâles, c'est que les cellules où elles voient le jour renferment plus d'aliments. En conditions de butinage idéales, il faut pas moins de 5 h à une femelle pour approvisionner une cellule.

Les principaux facteurs qui peuvent modifier le nombre de fleurs visitées par sortie et par unité de temps, le temps consacré à chaque fleur et aux déplacements d'une fleur à l'autre, sont les conditions atmosphériques (c.-à-d. la température et l'intensité lumineuse) les pratiques agronomiques (c.-à-d. la densité de plantation ou de floraison et l'irrigation), et le cultivar de luzerne utilisé. Les variations observées à cet égard vont de cinq fleurs par minute par temps frais et partiellement nuageux, dans une luzernière de faible densité, à 25 fleurs par minute par temps chaud et dégagé, dans une plantation dense. La visite de chaque fleur a exigé en moyenne quatre fois plus de temps dans la première situation que dans la seconde, mais les pourcentages de fleurs pollinisées ont été comparables.

Les premiers œufs sont pondus moins de 7 jours après que les mégachiles ont été placés dans le champ. Il faut en général moins d'une minute à la femelle pour insérer l'œuf dans la pâte de nectar et de pollen.

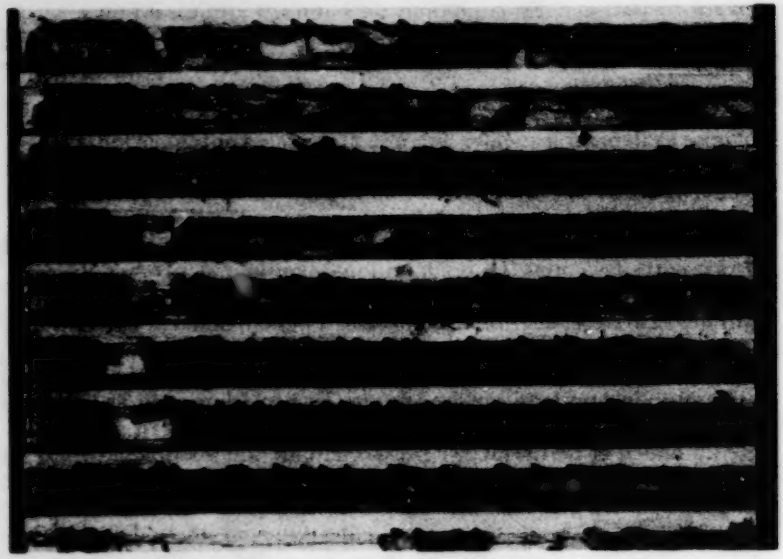


Fig. 3 Cellules faites de fragments de feuilles dans des tunnels formés par des panneaux rainurés.

Une fois la première cellule terminée dans un tunnel, la femelle commence immédiatement la construction de la cellule suivante, et continue de la sorte jusqu'à ce que le tunnel soit presque rempli. Selon la longueur du tunnel, de 8 à 12 cellules peuvent y être aménagées (fig. 3).

Dans chaque tunnel, la mégachile pond presque toujours les œufs femelles dans les cellules du fond, et les œufs mâles dans celles de l'avant. Lorsque le tunnel est rempli de cellules, elle cimente ensemble de 10 à 50 morceaux de feuilles circulaires, de manière à former un bouchon solide qui en ferme l'entrée, en général sans la dépasser. Le tunnel protège, semble-t-il, la descendance contre les parasites, les prédateurs et les intempéries.

Le temps nécessaire à l'incubation des œufs et au développement des larves est fonction de la température. À 15°C, il faut 15 jours aux œufs pour éclore et 35 jours aux larves pour atteindre le stade de la prépupe, tandis qu'à 30°C, ces temps sont ramenés à respectivement 2 ou 3 jours et 11 jours (fig. 4). Le régime des larves est d'abord élevé en nectar ou en hydrates de carbone solubles, mais à mesure qu'elles franchissent leurs quatre stades de développement, elles consomment proportionnellement plus de pollen. À 28°C, le poids des larves augmente rapidement entre le 5^{e} et le 8^{e} jour suivant l'éclosion, pour culminer au 11^{e} jour. La mortalité larvaire survient surtout au cours du premier ou du deuxième stade, et elle est souvent associée à des périodes prolongées de températures supérieures à 26°C, ou encore de temps frais qui empêche les larves de se nourrir.

La larve se déplace à l'intérieur de la cellule. Au début de son développement, sa tête se trouve du côté des aliments, mais une fois le cocon tissé, elle pointe vers le bouchon. La larve consomme la presque totalité des provisions, dépose un anneau d'excréments secs sous les fragments de feuilles du bouchon et se tisse un cocon solide pour se mettre à l'abri de la contamination. La mégachile hiverne au stade de prépupe dans ce cocon.

Au printemps et au début de l'été, ou une fois retirée de son lieu d'hivernage et mise en incubateur, la prépupe est complètement blanche (fig. 4); plus tard, ses yeux virent au rose, puis au noir (fig. 5) et finalement la pupe entière devient noir grisâtre. Environ 7 jours plus tard, la

Fig. 4 Cellules mises à nu de façon à faire voir l'œuf (à gauche), la jeune larve se nourrissant (au milieu), et la prépupe (à droite).

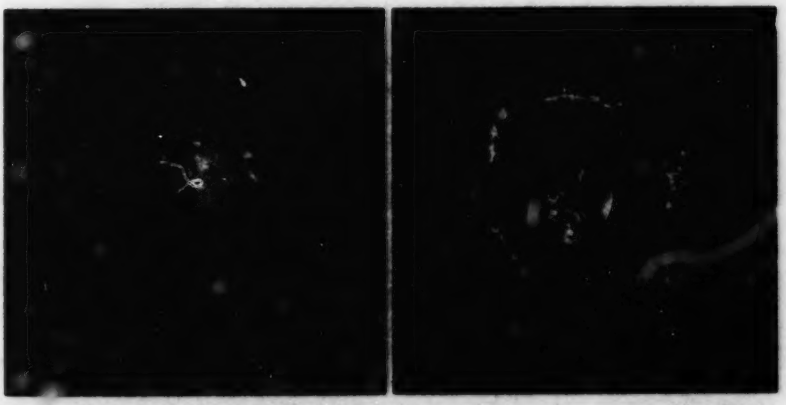


Fig. 5 Cocons dont on a enlevé l'extrémité pour faire voir une pupe blanche (à gauche) et une autre foncée (à droite).

mégachile adulte émerge de son cocon en y perçant un trou. La proportion des sexes est régie à la fois par la longueur et le diamètre de la cellule-mère, mais elle est environ de deux pour un en faveur des mâles.

La température et l'intensité lumineuse influent sur le vol des mâles et des femelles, qui commencent à butiner lorsque la température est basse et l'intensité lumineuse élevée ou vice versa. Lorsque les premières mégachiles ont été importées dans l'ouest du Canada en 1962, elles ne commençaient à polliniser la luzerne qu'à 21°C, ce qui limitait leur utilité. Une évolution est survenue ces dernières années, si bien que plusieurs insectes entrent maintenant en activité à 18°C. Cette capacité d'adaptation à de nouvelles conditions explique pourquoi la mégachile est de plus en plus utilisée pour la pollinisation de la luzerne. Toutefois, les régions favorisées par le plus grand nombre d'unités thermiques restent celles où les rendements en graines et la production de mégachiles sont les plus élevés et uniformes. L'activité des butineuses culmine vers le milieu de la journée, lorsque la température est la plus élevée. La diminution de l'intensité lumineuse semble être le principal facteur mettant fin au butinage, même si les températures demeurent souvent supérieures à 20°C au début de la soirée en été. Dans la partie méridionale du Canada, les femelles retournent généralement au nid le soir, mais dans la région de la Rivière-de-la-Paix, elles demeurent parfois au champ. Les mâles passent souvent la nuit au champ en groupe ou retournent s'agglomérer dans les fentes de l'abri.

La période d'utilité de la mégachile commence lorsque la luzerne amorce sa floraison et se termine au moment où les fleurs visitées n'ont plus le temps de produire des graines matures avant les gelées. Dans le sud de l'Alberta, la période de pollinisation commence habituellement entre le 15 juin et le 1er juillet pour se terminer entre le 10 et le 20 août. Sa durée est fonction des unités thermiques totales enregistrées au cours du printemps et de l'été. Dans les régions comportant peu d'unités thermiques, cette période peut commencer tard et se terminer tôt. Les courbes de survie des mâles et des femelles diffèrent (fig. 6). Les mâles meurent plus rapidement: 50% d'entre eux ont trépassé 15 jours après avoir été mis au champ, et peu survivent plus de 35 jours. Lorsque les conditions du milieu sont normales, un pourcentage assez constant de femelles meurent par unité de temps; 50% d'entre elles disparaissent au bout de 40 à 50 jours et peu survivent plus de 60 jours. La courbe de survie des mâles varie peu d'année en année, tandis que celle des femelles suit les conditions météorologiques. Au cours des étés frais et humides, les femelles butinent moins chaque jour et survivent plus longtemps qu'au cours des étés chauds et secs. Le choix du moment opportun pour retirer les mégachiles du champ est régi en partie par les conditions météorologiques, qui influent également sur la densité de femelles, sur la possibilité d'obtenir des graines matures avant les gelées et sur les chances que les femelles donnent des rejetons supplémentaires.

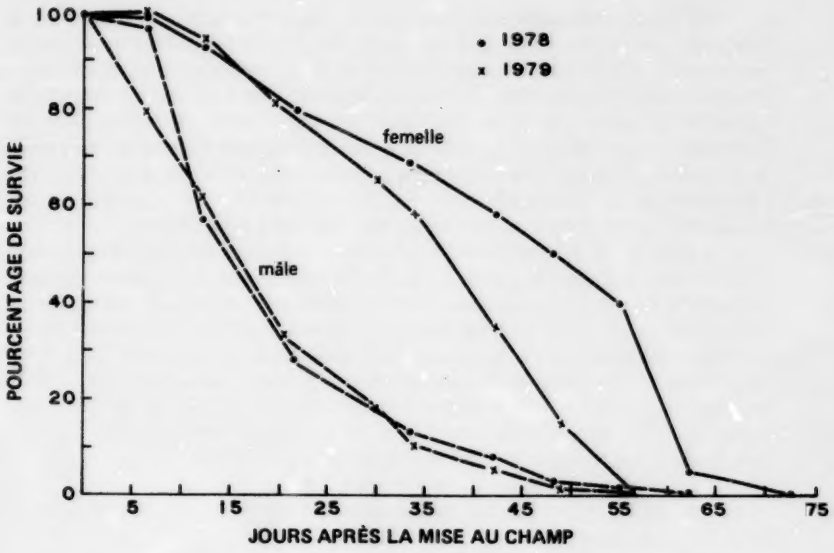


Fig. 6 Courbes de survie des mégachiles mâles et femelles après la mise au champ.

Conduite de l'élevage

Obtention des mégachiles et soins à l'arrivée

Les disponibilités canadiennes de mégachiles sont maintenant suffisantes pour répondre aux besoins du pays. À mesure que les producteurs sont devenus plus nombreux et efficaces, le Canada a commencé à exporter des mégachiles, surtout aux États-Unis. Les apiculteurs canadiens sont aujourd'hui les premiers exportateurs au monde de mégachiles de bonne qualité. La forte demande des pays étrangers pour le produit canadien s'explique par notre fiche enviable sur les plans de la mortalité larvaire, des maladies, et des infestations de parasites et de prédateurs. On peut se procurer une liste des éleveurs auprès des associations de producteurs de semences de luzerne de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. Il est à noter qu'on ne peut importer de mégachiles des États-Unis ou d'autres pays que sur une base limitée. Afin de prévenir l'introduction d'insectes nuisibles et de maladies, la Division de la quarantaine des plantes d'Agriculture Canada exige un permis d'importation. L'idéal est de se procurer uniquement des mégachiles d'origine canadienne afin de prévenir l'introduction ou la propagation de parasites, de prédateurs ou de maladies des mégachiles. Les mégachiles issues d'une région donnée de l'ouest du Canada s'adaptent facilement à une autre région.

À l'achat de mégachiles, il faut examiner la qualité en suivant la méthode décrite dans la présente publication, à la section traitant de l'estimation de la production. En outre, demander au fournisseur les résultats des épreuves du Centre canadien d'épreuve de la mégachile pour le lot que vous voulez acheter. Le prix des mégachiles varie en fonction des quantités disponibles et de la demande à l'exportation. On doit s'attendre à payer davantage pour un nombre élevé de mégachiles vivantes par unité de poids, pour un fort pourcentage de femelles, et une faible incidence de parasites, de prédateurs et de maladies.

À la livraison des mégachiles, les placer dans un endroit frais (environ 5°C) et sec, à l'abri des souris. Si l'on doit utiliser un endroit frais et humide, par exemple un caveau à légumes, placer les cellules dans un contenant scellé afin d'éviter qu'elles n'absorbent de l'humidité et ne moisissent. Ouvrir les contenants une fois ou deux au cours de l'hiver afin de permettre l'entrée d'air frais et d'empêcher la croissance des moisissures.

Équipement

Les méthodes et l'équipement décrits dans la présente publication sont conçus pour permettre d'élever efficacement des millions de mégachiles. La construction des abris se fait avec des panneaux de contre-plaqué ordinaires (1200 sur 2400 mm), auxquels on apporte un minimum de modifications. Tout l'équipement peut être transporté dans une camionnette, ou encore dans une remorque d'utilité générale ou à plateau tirée par une camionnette ou une auto. Toutes les pièces sont fabriquées avec précision et, partant, sont interchangeables. Les pièces d'un même type sont de dimensions uniformes et s'empilent facilement; toutes ont été conçues en fonction de la mégachile et de ses parasites ou prédateurs. Les mesures sont toutes en unités métriques; s'assurer par conséquent de la justesse des conversions. Il faudra peut-être acheter de l'équipement de construction métrique (par exemple des lames de scie) pour rendre compatibles les mesures et les coupes. L'équipement recommandé ici a été conçu en fonction d'exigences précises; s'assurer de bien comprendre ces exigences avant de le modifier, d'en fabriquer un différent ou d'acheter un équipement conçu par quelqu'un d'autre.

Ruches

La ruche est l'endroit où les mégachiles femelles construisent et approvisionnent les cellules, et pondent leurs œufs. C'est là également que les larves se développent et où les parasites posent d'abord un problème. La ruche nécessite une construction précise à l'aide de matériaux de bonne qualité si l'on veut fournir aux mégachiles un refuge acceptable, exempt de parasites, et assurer une forte proportion de cellules viables.

On trouve dans le commerce du matériel de nidification sous la forme de panneaux de pin ou de polystyrène rainurés. Le cadre de la ruche est fait de contre-plaqué de sapin. On utilise un panneau de bois

dur pour l'arrière de la ruche de bois, et un panneau d'aggloméré de tremble pour l'arrière de la ruche de polystyrène; celui-ci est percé de quatre rangées de trous de 25 mm de diamètre, afin de permettre à l'air de circuler entre les tunnels et de freiner la croissance des moisissures sur les cellules et à l'intérieur de celles-ci. Une ruche de pin compte quelque 2500 tunnels et pèse environ 20 kg, tandis qu'une ruche de polystyrène compte environ 3000 tunnels et pèse 6 kg.

Les panneaux de bois comporte chacun 13 tunnels, et ceux de polystyrène, 30. Dans les panneaux commerciaux, le diamètre des tunnels est censé être constant, mais en pratique il peut varier de 5,5 à 6,8 mm selon la précision de la coupe, le fournisseur et le lot; dans le cas des feuilles de polystyrène, les tunnels sont uniformes, soit 6,4 et 7,2 mm en alternance. Comme les mégachiles ont tendance à occuper d'abord les petits tunnels, les nids sont souvent séparés par des tunnels vides dans les ruches de polystyrène. De cette façon, on incite les mégachiles à se répartir dans l'ensemble de la ruche et on évite l'entassement propice à la croissance des moisissures. Les diamètres de 6,4 et 7,2 mm sont optimaux tant pour la production de mégachiles femelles et de cocons viables que pour l'accroissement de la taille des mégachiles; ils nécessitent en outre peu de morceaux de feuilles pour la construction d'une cellule.

Les deux types de matériel de nidification (disponibles auprès de plusieurs fournisseurs dans l'ouest du Canada) sont réutilisables pendant plusieurs années, mais le bois semble plus durable que le polystyrène. Les panneaux de bois peuvent être achetés à la longueur de tunnel désirée ou encore en longueurs de 300, 600, 900 et 1200 mm. Les feuilles de polystyrène ne sont fabriquées qu'en longueurs de tunnel de 95 ou de 115 mm. Des longueurs de tunnel comprises entre 100 et 150 mm sont optimales pour la production de cellules par tunnel bouché, car les femelles ont besoin de presque tout cet espace pour construire et approvisionner les cellules. En revanche, la longueur du tunnel a peu d'incidence sur le pourcentage de cocons viables ou de mégachiles femelles.

On obtient davantage de cellules et un plus fort pourcentage de cocons viables dans les ruches de bois que dans celles de polystyrène. Toutefois, le polystyrène permet une plus grande production de femelles par ruche, car les tunnels ont un diamètre supérieur. Les mégachiles préfèrent le bois au polystyrène, car ce matériau rappelle leur habitat naturel. Le pourcentage de cocons viables est supérieur dans les ruches de bois, du fait que les moisissures foliaires présentes sur les fragments de feuilles (c.-à.-d. *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., et *Rhizopus* sp.) ne s'y développent pas autant sur et dans les cellules. Il semblerait que le bois absorbe l'humidité, ce que le polystyrène ne fait pas. Récemment, certains apiculteurs sont passés du polystyrène au bois parce que l'exposition aux spores de moisissures a provoqué chez eux des allergies.

Le polystyrène est plus chaud que le bois, et l'écart de température peut atteindre 3,5°C ou plus, selon le moment de la journée et la température ambiante. Sous des latitudes nordiques, cette caractéristique peut se révéler avantageuse, dans la mesure où la chaleur favorise le développement des larves et les premiers vols des adultes. Toutefois, une tempéra-

ture supérieure à la température ambiante pendant plusieurs jours peut accroître le taux de mortalité des jeunes larves. On n'a observé aucune différence entre les deux matériaux pour ce qui est des infestations de parasites.

Les ruches sont conçues pour être facilement manipulées et empilées. On trouvera aux figures 7 et 8 des plans de construction des ruches de pin et de polystyrène. Il est plus facile de manipuler les ruches faites de panneaux de bois rainurés lorsqu'elles sont presque carrées, plutôt qu'oblongues. Apporter le plus de précision possible dans la construction des ruches afin que tous les morceaux soient interchangeables. S'assurer que toutes les coupes de la ruche et des panneaux rainurés soient bien à angle droit. Un bon ajustement des pièces ferme les voies

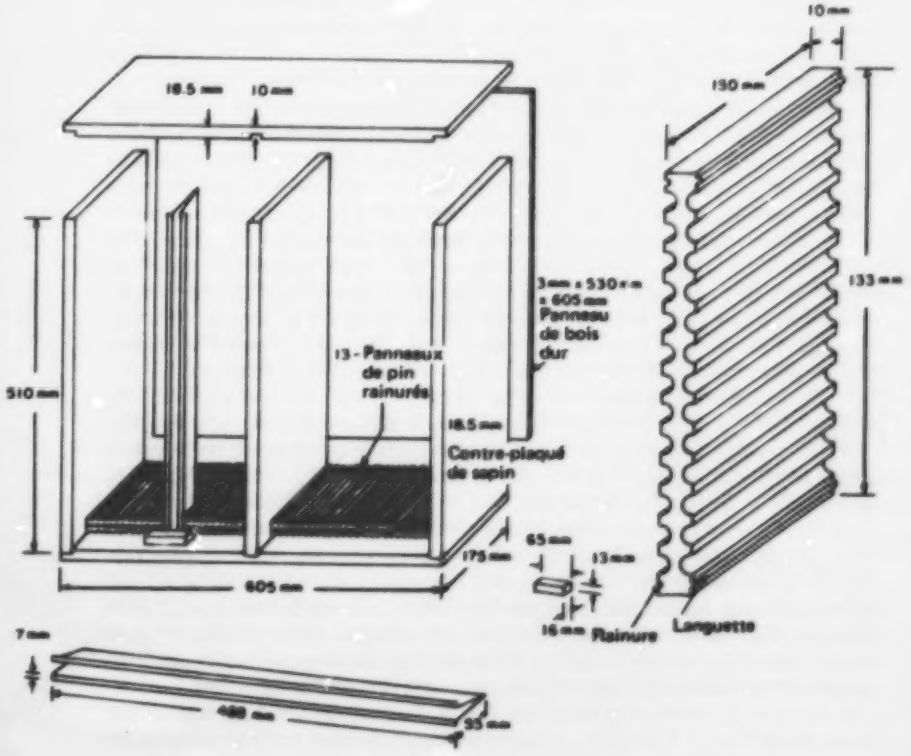


Fig. 7 Plan d'une ruche faite de panneaux de pin à 13 tunnels et d'un diviseur en métal.

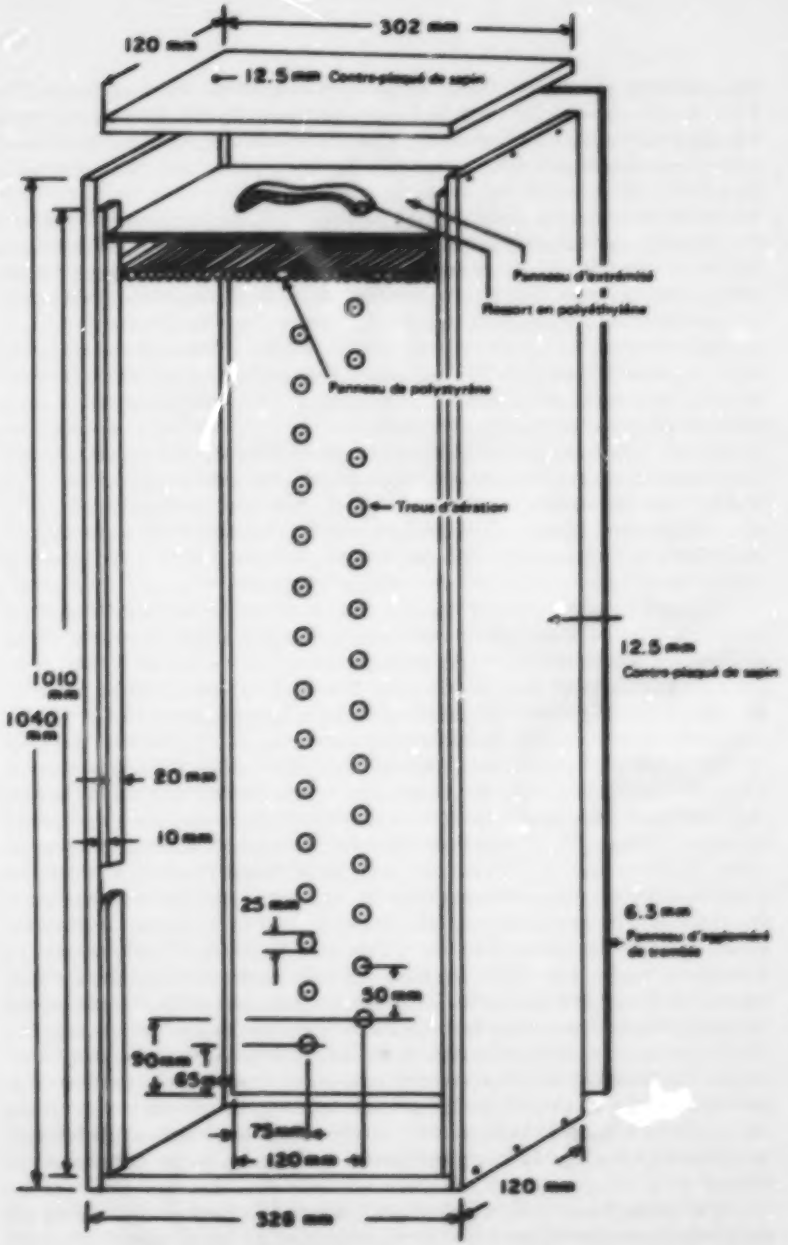


Fig. 8 Plan d'une ruche faite de panneaux de polystyrène rainurés formant 50 tunnels.

d'invasion des parasites. Tous les joints doivent être collés et cloués afin d'en assurer la rigidité, même en cas de choc ou de chute. Lorsqu'on échappe une ruche mal clouée, il arrive souvent que l'arrière se bombe, créant un espace derrière les tunnels par où les parasites peuvent s'infiltrer.

Afin de s'assurer que tous les panneaux de bois rainurés s'ajustent étroitement sur l'arrière des ruches, on recommande de les équarrir avant de les couper à la longueur désirée. Il n'est pas rare que les panneaux de 600 et 1200 mm ne soient pas parfaitement à angle droit. Si le bout n'est pas parfaitement équarri, le panneau ne s'ajuste pas contre l'arrière de la ruche, et l'extrémité de nombreux tunnels (on en a dénombré jusqu'à 26) sera exposée à l'invasion des parasites. Couper deux par deux les panneaux à la longueur désirée, puis retourner l'un des panneaux, bout à bout et côté à côté, avant de commencer à équarrir ou à couper. Les panneaux fabriqués peuvent être légèrement plus minces sur un côté que sur l'autre. Le fait de les retourner annule cette imperfection. Utiliser une scie à dents fines afin de réduire les éclats. Sabler ou brûler les éclats des deux côtés du panneau. Tout éclat laissé à l'extrémité des tunnels peut empêcher le panneau de s'ajuster étroitement sur l'arrière de la ruche, créant ainsi des voies d'entrées pour les parasites.

Dans les ruches en polystyrène, les trous de 25 mm percés dans le panneau arrière sont recouverts d'un grillage à l'intérieur afin d'empêcher les souris d'entrer. Le grillage est agrafé à l'arrière. On étend ensuite sur celui-ci une couche de 5 mm d'épaisseur de mousse de polyuréthane afin d'ombrager la ruche. La mousse favorise une meilleure circulation de l'air que le papier et s'ajuste mieux aux panneaux rainurés.

Les parasites pondent leurs œufs dans les cocons de mégachiles. La façon la plus facile pour eux d'atteindre les cocons est de ramper le long des fissures du matériel de nidification, le long des panneaux gauchis ou à l'arrière des tunnels. Il faut donc éliminer les espaces à l'arrière et sur les côtés de la ruche, et rejeter les panneaux imparfaits. Les panneaux gauchis sont en outre susceptibles de se briser dans l'extracteur automatique de cellules. Lorsque cela se produit, il faut arrêter la machine pour enlever les morceaux de panneaux brisés qui en bloquent le fonctionnement. Les lattes de bois qui retiennent fermement les panneaux sur l'arrière de la ruche ferment en même temps les entrées le long de ses côtés. On peut éliminer l'espace excédentaire en interposant une feuille de mousse de polyuréthane de 5 mm d'épaisseur à l'arrière de la ruche. Comme la mousse s'ajuste étroitement aux panneaux rainurés et pénètre même un peu dans les tunnels, elle réduit les risques d'infestation. Il faudra peut-être remplacer cette feuille chaque année si la seconde génération de mégachiles ou les larves des pyrales y ont percé trop de trous.

On trouvera à la figure 9 des détails sur le panneau du bout qui empêche les mégachiles de faire leurs nids dans les demi-tunnels des deux extrémités de la ruche et fournit une plaque de soutien pour le ressort maintenant solidement les panneaux ensemble. Cette plaque dissuade en outre les souris de faire leur nid dans le polystyrène. Un diviseur sous

tension (fig. 7) en métal galvanisé de 0,9 mm (calibre 20) exerce une pression contre les murs extérieurs de la ruche de bois, de façon à maintenir les panneaux de bois en place et à réduire les voies d'entrée des parasites. Pour fabriquer les ressorts servant à tenir en place les panneaux de bois ou de polystyrène, on peut prélever des anneaux de 25 mm de largeur sur un tuyau de polyéthylène noir de 38 mm de diamètre, puis les inciser et les étirer. Le ressort permet une expansion ou une contraction à mesure que les mégachiles remplissent les tunnels de feuilles humides, de miel et de pollen, ou lorsque les cellules et les panneaux sèchent.

Pour assembler une ruche de polystyrène (fig. 8), il faut mettre en place les panneaux du bout et aligner les panneaux rainurés de façon à former des tunnels. S'assurer que les panneaux soient parfaitement verticaux; les secouer et les presser au besoin, puis insérer le ressort. Assujettir solidement les panneaux rainurés et les panneaux d'extrémité (fig. 9) contre l'arrière de la ruche en installant deux lattes de pin ou d'épinette le long des côtés avant des parois de la ruche, puis en les clouant à celles-ci. Les lattes latérales doivent s'ajuster parfaitement au plancher de la ruche, de sorte qu'on puisse enlever le panneau d'extrémité dans l'espace compris entre les bouts des lattes et le sommet de la ruche; on ne peut enlever ces dernières tant que le panneau d'extrémité est en place. Pour assembler une ruche à l'aide de panneaux de bois pourvus de rainures et de languettes aux deux extrémités (fig. 7), empiler quatre colonnes de bois dans la ruche et insérer les diviseurs de métal entre les colonnes; placer ensuite un ressort au bout de chaque colonne. Pour obtenir un bon ajustement, insérer le bout du diviseur d'abord, en contractant légèrement le V alors qu'il glisse dans l'espace compris entre deux colonnes de panneaux. Afin de s'assurer que les diviseurs maintiennent les panneaux solidement contre les bouts et les côtés de la ruche, clouer de petits blocs de bois à l'extrémité de ceux-ci dans la ruche. On peut également boulonner les diviseurs métalliques à l'arrière de la ruche, en utilisant de grandes rondelles.

Avant de peindre les faces de la ruche, assembler les panneaux à l'intérieur et insérer les ressorts afin de bien assujettir. Pulvériser une mince couche de peinture pour éviter que celle-ci ne s'infiltre entre les panneaux et ne les colle ensemble. Appliquer la peinture parcimonieusement sur les panneaux de polystyrène. Les peintures renfermant des solvants à base de pétrole (tels que le varsol) peuvent dissoudre le polystyrène. Utiliser des peintures à l'huile mates d'extérieur. Les mégachiles affectionnent les couleurs foncées, peu importe le matériau utilisé, et préfèrent les ruches comportant des figures de couleur à celles laissées au naturel ou de couleur unie, même si cette couleur est noire. Le bleu clair sur fond noir ou fusain plaît particulièrement à la mégachile. La figure, qu'il s'agisse d'un éclair ou de votre nom, ne doit pas couvrir plus du tiers de la face de la ruche. Les mégachiles préfèrent des figures très découpées, car cela guide les femelles lorsqu'elles reviennent au tunnel. Les ruches doivent être les plus attrayantes possibles si on ne veut pas que les mégachiles les délaissent pour aller faire leurs nids entre les bardeaux des bâtiments voisins.

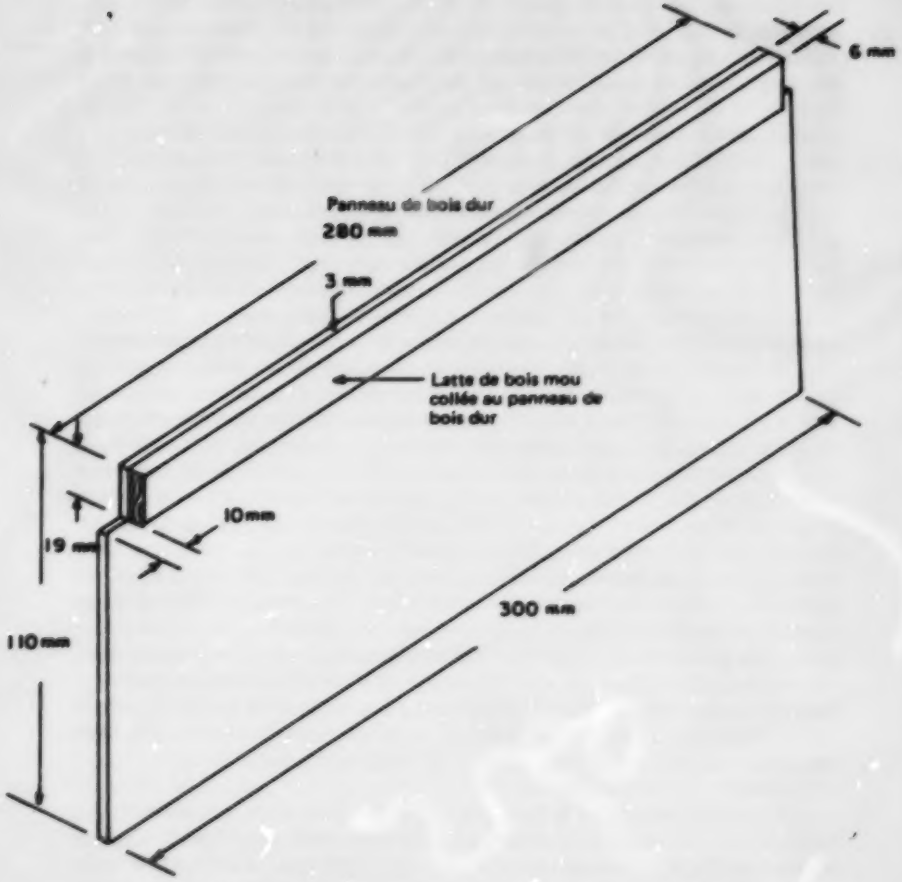


Fig. 9 Plan du panneau d'extrémité d'une ruche faite de panneaux rainurés de polystyrène.

Pour fabriquer un patron robuste d'un éclair ou de votre nom, le tracer au crayon sur une feuille d'aluminium de 0,6 mm (calibre 24) et l'inciser à l'aide d'un couteau tout usage. Inciser en profondeur, en particulier aux coins, et poinçonner ces derniers afin de pouvoir les saisir avec des pinces et arracher le reste du morceau. Au sommet du patron, attacher une languette à l'aide de papier cache afin de pouvoir le transporter facilement d'une ruche à l'autre. Pour éviter de tacher les ruches de peinture, nettoyer au besoin le patron à l'aide d'un solvant.

Décontamination des ruches et des cellules

Pour débarrasser une ruche et les panneaux en polystyrène des moisissures présentes sur le matériel foliaire, retirer ceux-ci de la ruche et les placer dans un cadre de décontamination (fig. 10). Chaque cadre, fait de tiges de métal de 6 mm, a une capacité d'environ 100 panneaux. Deux personnes ont besoin de quatre cadres de décontamination pour fonctionner efficacement. Submerger les panneaux pendant 5 minutes dans une solution de lessive domestique (hypochlorite de sodium à 6%) et d'eau (proportion de 1:3 au volume). Les panneaux s'ajustent librement dans le cadre, si bien que la solution pénètre facilement entre eux. Les agiter pour enlever une partie du matériel excédentaire adhérant aux parois des tunnels. Laisser les panneaux sécher à fond avant de les replacer dans les ruches.

Il arrive que les ruches et les panneaux de nidification en bois soient envahis de moisissures et nécessitent une décontamination. Porter à 3:1 la proportion de lessive et d'eau et ramener à 1 minute la durée de trempage. Comme le bois se gonfle à l'humidité, secouer les panneaux vigoureusement afin d'éliminer l'excès d'eau et les laisser sécher à fond avant de les replacer dans les ruches.

On peut également recourir au nettoyage à la vapeur pour décontaminer les deux types de matériel de nidification. Ce procédé tend toutefois à enlever une partie de la peinture de l'avant des ruches, et une nouvelle couche peut s'imposer.

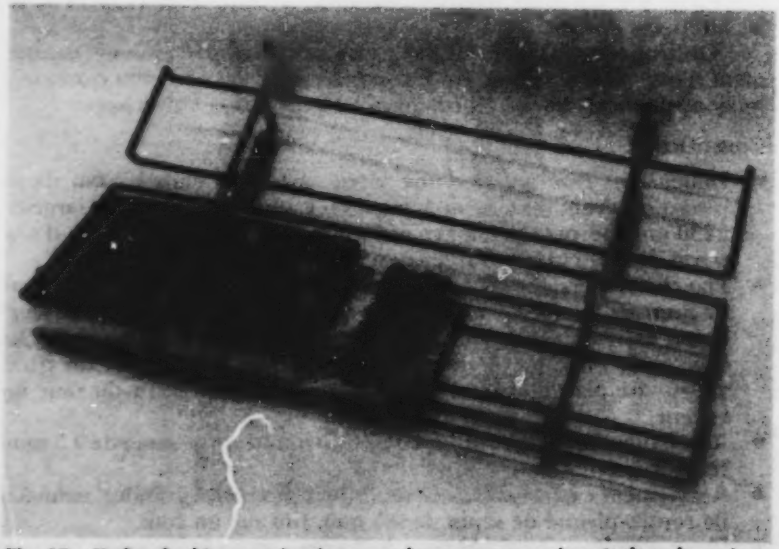


Fig. 10 Cadre de décontamination pour les panneaux rainurés de polystyrène.

• Il n'est généralement pas nécessaire de décontaminer les cellules. Les spores des moisissures foliaires sont présentes partout et la contamination se produit si facilement qu'on peut mettre en doute la valeur de cette pratique. Toutefois, il est possible, sans nuire aux larves, de décontaminer les cellules envahies de moisissures en les submergeant pendant une minute dans une solution de lessive et d'eau (1:3 au volume). Après les avoir retirées de la solution, étendre les cellules sur une surface en plein air, sans les exposer au soleil direct. Attendre qu'elles soient entièrement sèches et que l'odeur de chlore ait disparu avant de les remettre dans les plateaux d'incubation et de placer ces derniers dans l'incubateur.

Pièce à température contrôlée

Le maintien d'une température convenable pour l'incubation et l'hivernage des mégachiles nécessite une pièce à température contrôlée bien construite et bien équipée (fig. 11). Cette pièce est l'un des équipements les plus importants de l'apiculteur.

Faisant office d'incubateur, elle assure une éclosion rapide et uniforme des adultes, ce qui permet de placer les mégachiles au champ au moment où la floraison de la luzerne commence. L'apiculteur peut aussi régler le développement des mégachiles, de façon à les relâcher par temps favorable (c'est-à-dire calme et ensoleillé), augmentant ainsi les chances de succès de la reproduction et de la pollinisation. Le contrôle des conditions du milieu dans cette pièce aide à enrayer les parasites et les prédateurs. Des mesures de lutte appropriées peuvent en outre être mises en place au moment opportun pendant le cycle d'incubation. Enfin, cette pièce peut servir à entreposer les mégachiles pendant l'hiver, après qu'on les a retirées des ruches.

On trouvera ci-après des précisions sur la construction et l'équipement d'une pièce à température contrôlée pouvant accueillir quelque 4 millions de mégachiles à l'incubation, et le double à l'hivernage.

Construction

- Dimensions extérieures d'une pièce aménagée dans le coin d'une pièce plus grande (sous-sol, hangar ou garage): 3650 mm de largeur, 2230 mm de profondeur et 3050 mm de hauteur, pourvue d'une porte de 1140 mm de largeur au centre du mur le plus long.
- Plancher, murs et plafond: colombages d'épinette de 38 mm sur 89 mm sur le côté, et isolation de polystyrène (75 mm d'épaisseur) entre; espacement de 600 mm, de façon à utiliser efficacement les feuilles de polystyrène de 1200 mm sur 2400 mm. Placer un pare-vapeur de plastique sur l'isolant et sous le revêtement du mur intérieur.
- Revêtement intérieur: panneau de contre-plaqué de sapin de 9,5 mm, fini sur un côté.
- Revêtement extérieur (à l'intérieur de la pièce plus grande): panneau de contre-plaqué de sapin de 9,5 mm, fini sur un côté.
- Porte: chanfreinée, 2340 mm de hauteur sur 1143 mm de largeur, pour permettre le passage des étagères dans ou hors de la pièce.

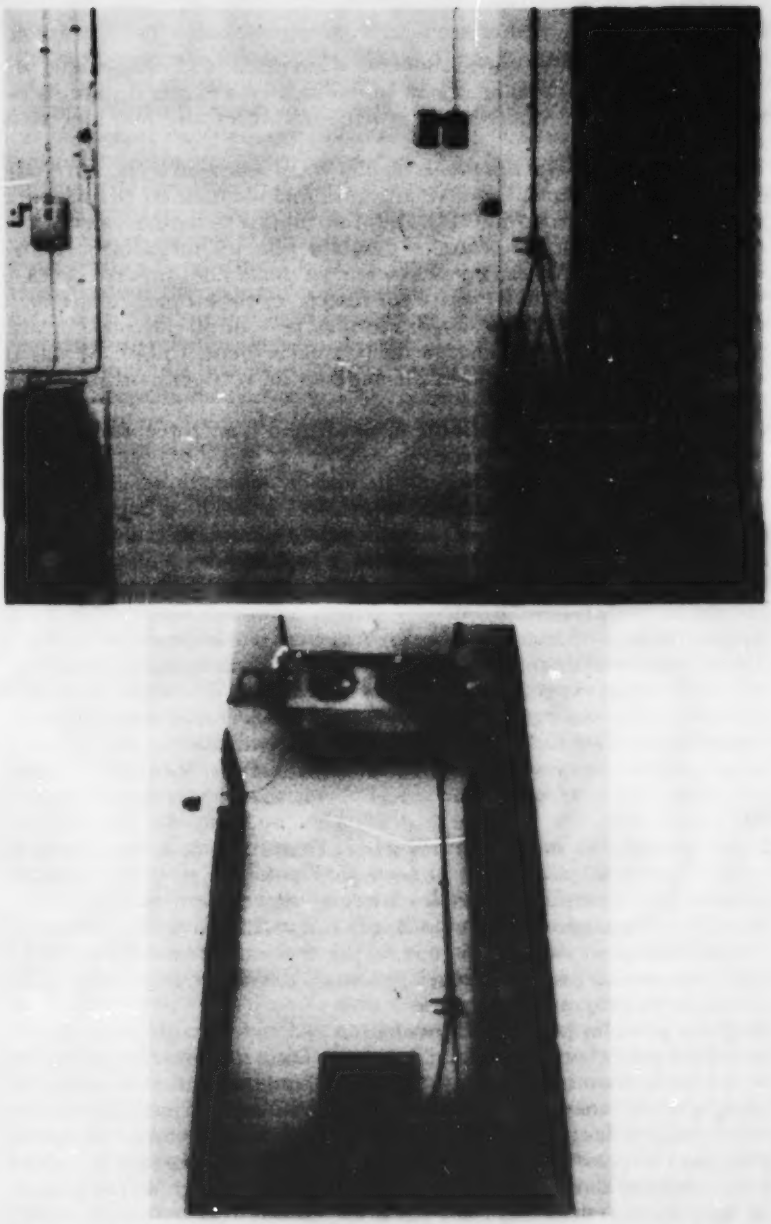


Fig. 11 Pièce à température contrôlée; noter le compresseur, les serpentins de refroidissement, les ventilateurs, le radiateur, l'humidificateur et les étagères.

Équipement

Il faut accorder suffisamment d'attention à l'équipement de réfrigération, aux radiateurs, aux humidificateurs et aux dispositifs de réglage de façon à maintenir une température et une humidité convenables.

Refroidissement — compresseur de 560 Watts relié à un serpentin d'une capacité de 746 Watts. Deux ventilateurs fonctionnant en permanence sont installés au plafond (fig. 11). Leur fonction est de faire circuler l'air et de dissiper la chaleur produite pendant que les mégachiles se développent dans les plateaux d'incubation. La chaleur dégagée par celles-ci varie de 1,1 à 2,3 joules à l'heure par insecte, et elle est particulièrement élevée tout juste avant l'éclosion des adultes, période où elle constitue une partie importante de la charge de refroidissement. Choisir la valeur supérieure dans la conception du matériel de réfrigération pour une chambre d'incubation.

Chauffage — plinthe chauffante et ventilateur à air forcé, situés sur le plancher à l'arrière de la pièce.

Humidificateur — humidificateur de maison automatique, réglé à 70% d'humidité relative pour l'incubation, et à 50% pour l'hivernage; le placer sur le plancher au fond de la pièce. À défaut d'humidificateur, on peut accroître le taux d'humidité en mouillant le plancher ou en plaçant des bassins d'eau, de la toile humide ou du linge mouillé devant des ventilateurs.

Réglage de la température — deux thermostats d'une sensibilité de ± 5°C sont nécessaires, l'un pour le refroidissement et l'autre pour le chauffage. Pendant l'entreposage d'hiver, régler le thermostat de refroidissement à 6°C et le thermostat de chauffage à 4°C, ou 3°C si les cellules sont infestées de coléoptères ou de lépidoptères se nourrissant de débris. À basses températures, ces ravageurs demeurent inactifs. Pour l'incubation, régler le thermostat de refroidissement à 31°C et le thermostat de chauffage à 29°C.

Interrupteurs — 2 interrupteurs placés à l'extérieur, près de la porte, le premier pour le plafonnier, et le second pour les pièges à parasites lumineux. Les ventilateurs et les lumières doivent être sur un circuit distinct de l'équipement de chauffage, afin qu'ils puissent fonctionner lorsque le système de chauffage réglé par thermostat est débranché. La prise de courant pour les pièges lumineux devrait être située près du plancher, au centre du mur arrière.

Étagères pour les plateaux d'incubation — Quatre étagères munies de roulettes; pour chacune d'elles, 27 tablettes faites de cornières perforées, boulonnées ensemble. Laisser au moins 300 mm au sommet et au bas de l'étagère et 25 mm entre les plateaux d'incubation pour que la circulation de l'air élimine la chaleur dégagée par les mégachiles. Éviter d'empiler les plateaux l'un par dessus l'autre, même en les croisant. Lorsque la chaleur s'accumule rapidement dans la pile, l'éclosion des mégachiles par plateau est inégale, et l'enraiement des parasites, réduit.

La pièce à température contrôlée est essentiellement un système clos permettant peu d'échange de chaleur ou d'humidité avec l'extérieur.

Aucune ventilation extérieure n'est nécessaire. Une fois établis les niveaux convenables de température et d'humidité dans la pièce, on peut facilement les maintenir de jour en jour, sans grande fluctuation. Ne pas installer la pièce à température contrôlée dans un endroit exposé au soleil, car la chaleur excédentaire obligera le compresseur du refroidisseur à travailler davantage. L'idéal est une pièce où la température fluctue peu. Les murs de l'incubateur doivent être peints avec un émail lustré blanc, et le plancher, avec un émail mat gris, facile à nettoyer au lavage, de façon à réduire la croissance et l'accumulation des moisissures ou des maladies. Pour vérifier l'uniformité de la température, installer, en plus des thermostats, deux thermomètres à maximum et minimum, à l'intérieur de la pièce (l'un haut sur le mur et l'autre bas). L'équipement (compresseur et serpentin de refroidissement) nécessite des travaux d'entretien occasionnels, tels que lubrification et vérification du niveau de réfrigérant. Prévoir des thermostats de rechange. On recommande d'installer un système d'alarme pour être averti lorsque les températures excèdent les limites inférieures et supérieures fixées.

Facteurs importants pendant l'incubation et l'entreposage

L'éclosion des adultes, après incubation à 30°C, commence par les mâles, à partir du 20e jour, et se termine par les femelles, environ vers le 31e jour (fig. 2). Si les cellules sont placées à l'extérieur le ou vers le 22e jour, l'incubation complète pourra retarder d'une semaine au plus en raison des températures nocturnes plus fraîches. Pour éviter d'être à la merci du temps, poursuivre l'incubation jusqu'à ce qu'environ 75% des mâles et de 20 à 50% des femelles aient éclos, soit jusque vers le 23e ou 24e jour. Il devrait alors suffire d'un petit nombre de jours pour compléter l'éclosion au plein champ. La pratique qui consiste à sortir les adultes le jour seulement, puis à rentrer les plateaux pour poursuivre l'incubation est onéreuse en temps et en main-d'œuvre, en particulier lorsqu'on élève de grandes quantités de mégachiles. En outre, elle peut nuire aux accouplements, car les mâles s'éloignent rapidement de l'abri et risquent de ne pas trouver les femelles qui sont relâchées plus tard.

L'humidité et la température sont des facteurs critiques influant sur la santé des mégachiles pendant l'incubation et l'entreposage subséquent. Lorsque l'humidité est trop faible pendant l'incubation, les ailes des mégachiles sont souvent déformées. L'abaissement de la température prolonge le processus d'incubation. Des températures plus élevées (32°C ou plus) nuisent au développement et peuvent entraîner la mort des mégachiles. Il convient d'abaisser la température des incubateurs dans les circonstances suivantes: lorsque les intempéries (froid, vent, pluie) réduisent les chances d'un relâchement réussi des mégachiles dans le champ; lorsqu'un insecticide doit être appliqué pour enrayer un insecte parasite; lorsque du temps est nécessaire pour permettre aux résidus d'insecticide de se dissiper; et lorsqu'en raison d'une mauvaise planification, la floraison et la nourriture pour les mégachiles dans les champs sont insuffisantes. Une floraison clairsemée tôt dans la saison peut résulter en partie de la sécheresse, d'une irrigation tardive ou de populations d'insectes ravageurs.

Lorsqu'aucun adulte n'a encore éclos, la température de l'incubateur peut être réduite à 20°C. Les pupes survivront au moins 10 jours à cette température. Elles continuent à se développer lentement à 20°C, mais non à 15°C. Dès que les conditions de relâchement des mégachiles redeviennent favorables, élever de nouveau la température de l'incubateur à 30°C. Une diminution de température suivie d'une hausse se traduit par une éclosion rapide.

Lorsque les conditions de relâchement sont défavorables et que des adultes ont éclos dans l'incubateur, il faut les nourrir dans les plateaux à l'aide d'une solution de miel et d'eau (proportion de 1:1), que l'on pulvérise directement sur des serviettes de papier étendues sur le grillage du plateau d'incubation. Les serviettes de papier empêchent la solution de recouvrir les mégachiles et de faire coller les cellules aux plateaux. Ne pas frotter le grillage avec les mains ou une serviette de papier lorsque les mégachiles se nourrissent, car leur langue étendue à travers le grillage peut facilement se briser. Lorsqu'un grand nombre de mégachiles ont éclos, les nourrir deux fois par jour et abaisser la température des incubateurs à 20°C entre les nourrissements, sans oublier de la relever pendant cette opération. Le nourrissement, combiné à la fluctuation de température, peut faire en sorte que les mégachiles soient moins actives, utilisent moins d'énergie et survivent jusqu'à leur relâchement dans le champ. On peut utiliser ce stratagème pendant au moins six jours sans subir trop de pertes.

Maintenir en tout temps la pièce dans l'obscurité (aucune fenêtre, ni soleil direct), afin que les parasites ne soient attirés que par les lumières ultra-violettes. Celles-ci et le bassin d'eau utilisé pour l'enraiement des parasites et des prédateurs sont habituellement placés sur le plancher, entre les tablettes. Comme les chalcis parasites ont peu d'aptitude pour le vol, il leur est plus facile de sauter vers les lumières ultra-violettes que d'y voler.

Une fois que les cellules ont été bien nettoyées pour éliminer les morceaux de feuilles, les débris et les insectes qui s'en nourrissent, elles sont prêtes pour l'entreposage d'hiver. Souvent, on les place dans des sceaux de plastique ou dans des poubelles de métal ou de plastique de plus grandes dimensions. On peut aussi utiliser de grands sacs à ordures. L'excès d'humidité pose rarement des problèmes dans ces contenants. Il est également rare que les prépupes gèlent lorsque la pièce à température contrôlée est située dans le coin d'un garage. Les prépupes peuvent en effet supporter des températures aussi basses que −10°C pendant une courte période, sans afficher un taux de mortalité trop élevé; toutefois, il n'est pas recommandé de les exposer à des températures inférieures au point de congélation. Les cellules ne peuvent être entreposées pour plus d'une saison. Vérifier les cellules occasionnellement pendant l'hiver pour s'assurer que les conditions d'entreposage sont satisfaisantes.

Autres pièces à température contrôlée

Certains apiculteurs utilisent des bâtiments distincts pour incuber et entreposer leurs mégachiles. Ces bâtiments sont bien isolés et chauffés au

gaz naturel; l'air y circule grâce à une chaudière à air forcé située à l'extérieur du bâtiment, et un humidificateur de maison est utilisé. Les incubateurs de poussins sont excellents pour les mégachiles. L'eau qui fournit l'humidité et enlève la chaleur dégagée par les embryons de poussins fournit également l'humidité nécessaire aux larves de mégachiles, qui se métamorphosent en pupes et en adultes, et dissipe la chaleur créée par ces derniers.

Plateaux d'incubation

On trouvera à la figure 12 les plans d'un plateau d'incubation pouvant renfermer quelque 30 000 cocons et s'ajustant aux étagères dans l'incubateur et l'abri. Le sommet du plateau est un grillage de fil métallique qui laisse échapper la chaleur produite par les mégachiles adultes; en outre, les mégachiles peuvent être nourris de sirop de miel à travers ce grillage si le mauvais temps retarde leur mise en plein champ. Le couvercle ajusté est cloué en place après l'éclosion et l'élimination des parasites, et avant l'éclosion des premières mégachiles. On peut acheter des plateaux d'incubation de plastique pouvant renfermer quelques 10 000 cocons.

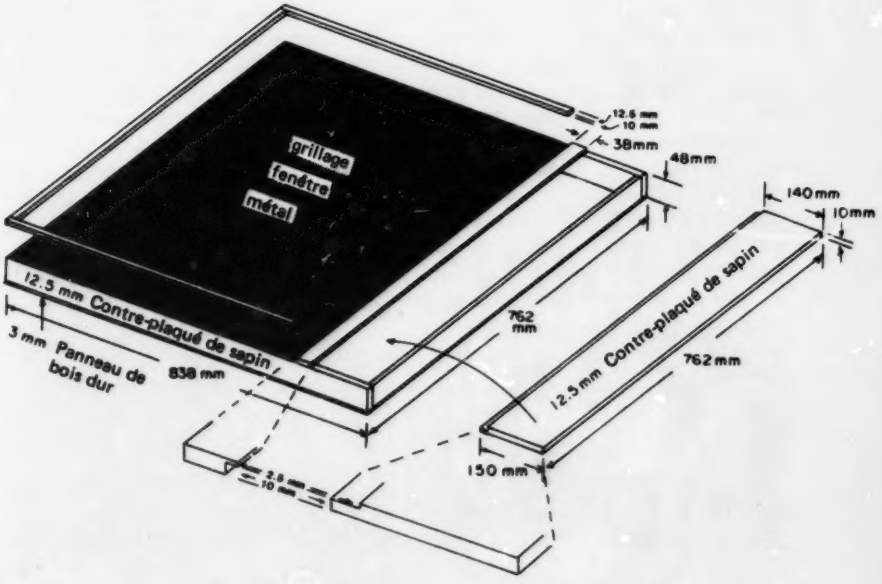


Fig. 12 Plan d'un plateau d'incubation.

Les couvercles de ces plateaux sont mis en place avant que les mégachiles commencent à éclore, puis sont complètement enlevés dans le champ. On peut empiler les plateaux pour l'entreposage hivernal et les gratter ou les laver pour enlever les cellules moisies. La mégachile adulte réussit mieux à sortir du plateau lorsque ses côtés sont peints en noir plutôt qu'en blanc ou encore lorsqu'ils affichent des signes d'usure. On recommande par conséquent de scarifier les parois des plateaux blancs neufs.

Lorsque les plateaux sont transportés sur une longue distance dans les champs, on doit les recouvrir d'une bâche afin de maintenir les mégachiles au repos. Une trop grande activité à ce stade peut entraîner un effilochage prématuré des ailes et une certaine mortalité chez les adultes. Le fait de pulvériser de l'eau pendant le transport calme les mégachiles et ralentit leur sortie des plateaux. Lorsqu'un fort pourcentage d'éclosion a été enregistré avant le relâchement, une légère pulvérisation d'eau à l'aide d'un brumisateur, avant l'enlèvement du couvercle, calme les adultes. Le taux de relâchement doit être lent mais soutenu, de façon à permettre aux mégachiles de s'orienter dans leur nouveau milieu et de réduire le nombre d'insectes passant d'un abri à un autre. Le relâchement des mégachiles par forts vents accentue en général ce comportement. Une fois le plateau installé sous le toit de l'abri, on peut lever le couvercle suffisamment pour que les mégachiles puissent sortir, mais sans permettre l'entrée des souris. Placer les plateaux à moins de 50 mm de l'avant de l'abri afin que la lumière du soleil attire les mégachiles vers l'ouverture.

On peut enlever les plateaux des abris de 7 à 10 jours après les avoir mis au champ. La plupart des mégachiles seront alors écloses. Pour vérifier si l'éclosion est complète dans les champs, inspecter le contenu de quelques cocons intacts en en coupant le bout à l'aide d'une lame tranchante. Poursuivre ces vérifications tous les trois jours jusqu'au moment où vous ne trouvez plus de pupes ou d'adultes vivants. Les pertes de mégachiles qui surviennent parfois après que les cellules ont été placées dans les champs se composent surtout de larves matures et de pupes, sans compter les adultes qui n'ont pu sortir des cellules. Elles sont imputables à des températures trop basses, trop élevées ou les deux. Une fois l'éclosion terminée, rapporter les cocons vides à l'atelier et les brûler ou les enfouir. Cela empêche les femelles de faire leur nid dans les cocons vides et élimine une source d'infestation. On sait que les fragments de feuilles sont porteurs de maladie des plantes, et le rejet dans les champs des cellules contaminées pourrait causer des infestations ou favoriser la propagation de ces maladies.

Abris

Construction

La taille des abris est dictée par une utilisation économique des matériaux de construction, la facilité de transport vers les champs ou d'un champ à l'autre, et l'espace d'entreposage dont on dispose au cours de l'hiver. Les abris protègent les ruches et les mégachiles des intempéries.

Comme ils sont grands et facilement visibles, ils aident les mégachiles à retrouver leur ruche.

Les apiculteurs ont conçu une foule de modèles d'abris. Certains favorisent une utilisation efficace des pollinisateurs, d'autres, moins. On a évalué divers modèles d'abris sur la base des critères suivants: matériaux de construction, accumulation de la chaleur, intensité lumineuse, turbulence de l'air, et figures d'orientation. Certains de ces facteurs influent sur le butinage, sur les facteurs biologiques liés à la production de mégachiles et sur la chute des fragments de feuilles devant servir à construire les cellules.

Les abris faits de panneaux de particules comprimées ne sont pas satisfaisants. Ils ne peuvent résister à plusieurs années d'usage. En revanche, les abris faits de contre-plaqué de sapin et de montants en épinette sont réutilisables et résistent aux forts vents et à la pluie. En outre, ces matériaux ne sont pas chers et sont facilement accessibles. Les abris teints d'une couleur uniforme demandent moins d'entretien que ceux peints à l'aide d'un latex d'extérieur.

Les anciens modèles d'abris exigeaient une construction robuste. Ils étaient difficiles à transporter sur des remorques d'utilité générale ou à plateau, et il fallait deux personnes pour les manipuler. Les deux abris démontables décrits ici (fig. 13) sont supérieurs aux autres mis à l'essai pour ce qui est de la productivité des mégachiles; ils sont en outre faciles à construire à l'aide d'un minimum de matériaux, très faciles à transporter, et peu encombrants. On peut utiliser du matériel de nidification en bois en polystyrène dans les deux modèles.

Abri à deux étages

Le modèle à deux étages (fig. 13 et 14) réduit l'égarement des mégachiles et en accroît les populations. Sa large silhouette aide les

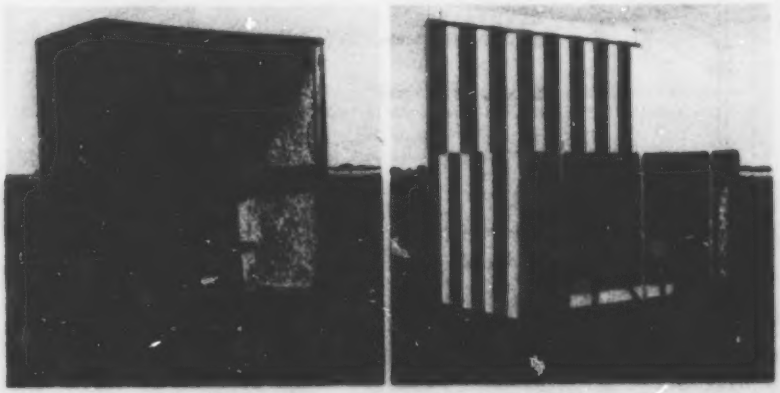


Fig. 13 Abri à deux étages (à gauche) et abri avec prolongement vertical (à droite) renfermant des ruches de découpeuses de la luzerne.

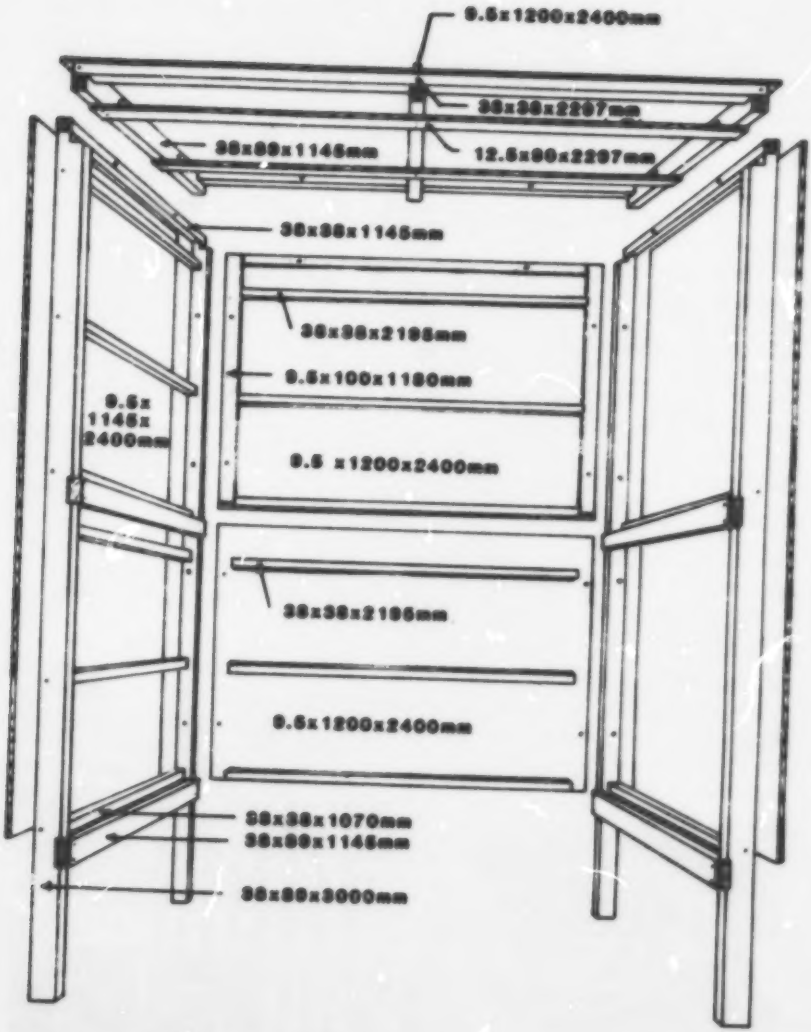


Fig. 14 Plan d'un abri à double étage.

mégachiles à trouver leur ruche et leur tunnel. Grâce à ses vastes ouvertures, l'intensité lumineuse à travers les tunnels de la ruche demeure élevée tout au long de la journée. Le soleil direct frappe le bas des ruches jusque vers l'heure du midi. Cette clarté se traduit par un butinage accru des femelles. Ces abris renferment 12 ruches le long du mur arrière, réparties en groupes de six, l'un au-dessus de l'autre, et quatre autres ruches sur chaque mur latéral. Lorsqu'on utilise du bois comme matériau de nidification, les femelles ont tendance à utiliser les tunnels des 12 ruches de façon uniforme, même si on note une légère préférence pour les six ruches du haut. Lorsque du polystyrène est utilisé, les femelles préfèrent les six ruches supérieures. En général, les tunnels situés dans le coin gauche supérieur sont occupés les premiers. Les ruches sont assujettis au moyen d'un fil de fer passant environ aux deux tiers de leur hauteur et rattaché aux coins intérieurs de l'abri. On installe des lattes d'épinette de 38 × 38 mm sur l'arrière et les côtés de l'abri pour éviter que les ruches ne soient appuyées sur les murs de l'abri. Le toit et les deux sections de l'arrière sont boulonnés aux côtés. Les plateaux d'incubation sont installés juste sous le toit. Peindre ce dernier en noir, afin qu'il absorbe la chaleur et la transmette aux cellules mises en incubation au-dessous. L'emploi de fils d'ancrage est nécessaire, car la hauteur de l'abri accroit les risques de renversement par le vent. Les principaux matériaux de construction utilisés sont les suivants:

Quantité	Dimensions	Matériau	Utilisation
4	38 × 89 × 3000 mm	épinette	pattes
12	38 × 89 × 2400 mm	épinette	cadre pour le toit, et les côtés, cales d'espacement pour les côtés et l'arrière, support des ruches
5	9,5 × 1200 × 2400 mm	contre-plaqué de sapin	toit, côtés, arrière
3	19 × 89 × 2400 mm	épinette	étais pour l'arrière
2	9,5 × 100 × 2400 mm	contre-plaqué de sapin	partie supérieure de l'arrière
2	12,5 × 90 × 2400 mm	contre-plaqué de sapin	support des plateaux
14	M19 × 100 mm	boulons	

Abri classique avec prolongement vertical

Cet abri (fig. 13 et 15) de dimensions classiques est le plus répandu dans l'ouest du Canada. Il peut accueillir six ruches le long du mur arrière et deux sur chaque côté. Les tunnels du côté gauche supérieur se remplissent de cellules les premières, suivis de ceux situés au sommet et le long

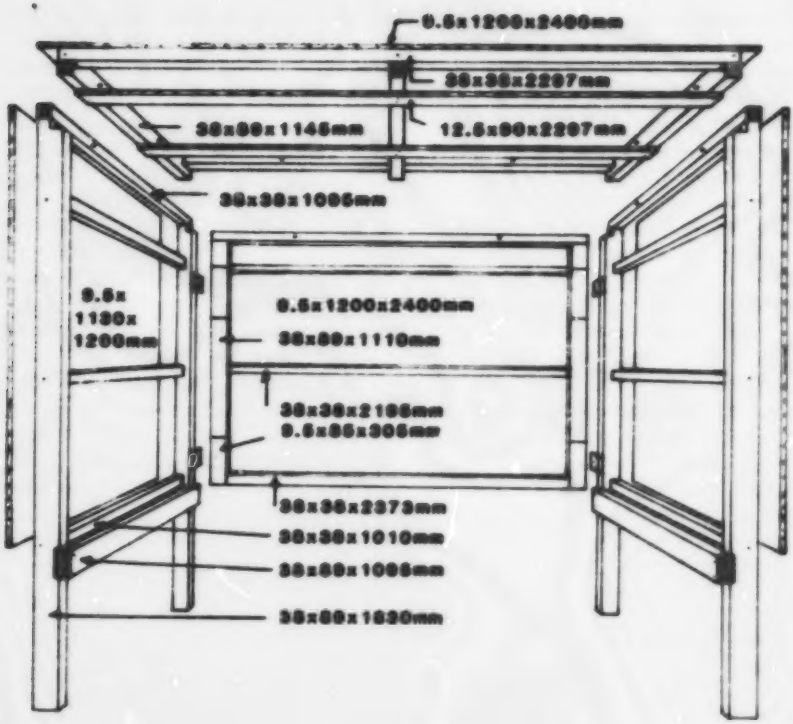


Fig. 15 Plan d'un abri ordinaire.

des deux côtés. La préférence des mégachiles pour ces emplacements tient sans doute à des facteurs liés à la température et à la lumière dans l'abri. Comme les ruches neuves ne sont pas aussi attravantes que les vieilles, on recommande de ne pas mêler les deux. Placer les ruches neuves dans des abris qui attirent normalement les mégachiles, soit en général du côté est ou au sud, ou encore en bordure des champs. Le fait de prévoir des tunnels excédentaires incite les mégachiles à se répartir uniformément à travers les ruches. Il favorise en outre une production élevée en réduisant le nombre de cellules incomplètes et en freinant le développement des moisissures dans les panneaux de polystyrène.

Le toit de l'abri est boulonné aux côtés et à l'arrière. Lorsqu'on enlève le toit, les côtés se replient contre le mur arrière. Les plateaux d'incubation sont installés juste sous le toit. Peindre ce dernier en noir pour qu'il

absorbe la chaleur et la transmette aux cellules. Assujettir le prolongement vertical de l'abri à l'aide de fils d'ancrage, car sa hauteur pourrait le rendre sensible aux vents violents. Les principaux matériaux de construction nécessaires sont les suivants:

Quantité	Dimensions	Matériau	Utilisation
9	38 × 89 × 3600 mm	épinette	pattes, cadre pour le sommet, les côtés et l'arrière; cales d'espacement pour l'arrière et les côtés; support des ruches pour l'arrière et les côtés
4	9,5 × 1200 × 2400 mm	contre-plaqué de sapin	sommet, côtés, arrière, prolongements
2	12,5 × 90 × 2400 mm	contre-plaqué de sapin	support des plateaux
4	n° 808, 80 × 80 mm	grandes pentures de porte (Stanley) goupilles de fixation en acier	
6	M10 × 100 mm	boulons	

Tous les abris sont ancrés à l'aide de fers en T de 600 mm, de fil métallique et de clous, de manière à réduire les risques de renversement par le vent. Comme ces abris sont démontables, ils peuvent être manipulés et mis en place par une personne seule. On peut en transporter plusieurs à la fois vers les champs ou les bâtiments en utilisant des remorques d'utilité générale ou à plateau.

La température et l'intensité lumineuse à l'intérieur des abris varient continuellement tout au long de la journée. La température tend à augmenter pendant le jour, pour culminer vers la fin de l'après-midi et retomber peu à peu le soir. Certaines parties de l'abri, notamment le coin gauche supérieur, ont tendance à être plus chauds que d'autres. On a enregistré des températures dépassant de près de 25 degrés la température ambiante (de 25 à 30°C) à l'arrière des tunnels de ruches placées directement contre le mur de l'abri et derrière les ruches dans les abris. Une façon de libérer cette chaleur suffisamment élevée pour tuer les larves consiste à porter à 150 mm l'espace entre la paroi de l'abri et l'arrière de la ruche. Cela améliore la circulation de l'air, réduit l'accumulation d'humidité et freine la croissance des moisissures foliaires dans les tunnels de polystyrène. L'intensité lumineuse est comparable dans tous les types d'abri jusqu'au milieu de la matinée, sauf dans ceux à double étage, qui sont plus éclairés. Par la suite, l'intensité diminue

graduellement à mesure que le jour progresse. L'intensité lumineuse à l'avant des ruches est faible dans les abris dont la profondeur dépasse 1800 mm, ce qui se traduit par une faible production de mégachiles. Les abris pourvus d'un toit en fibre de verre opaque sont 3,5 fois plus lumineux vers le milieu de l'après-midi que ceux recouverts d'un toit en contre-plaqué. Les femelles butinent alors plus longtemps, mais produisent moins de cellules. On n'a pas décelé d'accumulation de chaleur imputable au toit en fibre de verre. Les petits abris de 1,2 m^2, faits de bois ou de polyéthylène, ont tendance à être lumineux, mais il faut en prévoir davantage par surface de champ. En outre, une chaleur excessive s'y accumule; ils n'offrent pas suffisamment de points de repère pour l'orientation des mégachiles, résistent mal aux vents, favorisent l'égarement des mégachiles et renferment peu de ruches.

Placer les abris face à l'est ou légèrement au sud-est. Les mégachiles se réchauffent et réagissent plus vite à l'intensité lumineuse accrue dans les abris orientés vers l'est que dans les abris orientés autrement. On doit éviter que le soleil direct ne frappe l'avant des ruches plus tard dans la journée, car les longues périodes de température élevée peuvent entraîner la mort des larves.

Lorsque la turbulence et la vélocité de l'air à l'intérieur de l'abri sont excessives, les femelles échappent souvent leur morceau de feuille lorsqu'elles reviennent à la ruche. Elles doivent alors retourner au champ en découper un autre, ce qui réduit la durée de butinage et la productivité. Dans un cas, on a estimé que 500 000 morceaux de feuilles avaient été échappés en 5 jours dans un abri où la turbulence et la vélocité de l'air étaient considérables. Une façon de réduire ces inconvénients consiste à prolonger le mur arrière jusqu'au sol et au-dessus du toit (fig. 13). Le remou à l'avant d'un tel abri est ample, s'étendant jusqu'à 7 m, et la vélocité de l'air y est moindre. Par conséquent, le vol dans cette zone est plus facile qu'à l'avant d'une ruche ordinaire. Le violent courant d'air sous l'abri est éliminé et, même si on note encore une certaine turbulence à l'intérieur de l'abri, les vélocités sont considérablement réduites.

Les mégachiles utilisent des repères pour retrouver leur nid; elles commencent par associer l'entrée de celui-ci avec des objets de grande taille, tels que les abris, puis à mesure qu'elles s'approchent du nid, elles reconnaissent des détails de plus en plus petits. Par conséquent, l'abri doit contraster avec le milieu. Un abri vert dans un champ de luzerne n'est pas suffisamment visible, tandis qu'un abri entièrement noir ne fournit pas une information assez détaillée pour l'orientation à courte distance. Les silhouettes et les figures d'orientation sont importantes pour rendre chaque abri unique, étant donné qu'un grand nombre de repères visuels accroît les chances que les mégachiles retrouvent leur propre tunnel dans la ruche. Les abris bien visibles, peints en bandes verticales noires et blanches de 150 mm de largeur, produisent régulièrement plus de mégachiles que les abris moins différenciés, et les butineuses s'égarent moins.

Installations des abris dans le champ

Espacer les abris uniformément dans les champs, à raison d'un à tous les 1,2 ha. Les mégachiles tendent à polliniser la luzerne environ deux fois plus loin vers l'est de l'abri que vers l'ouest. Par conséquent, placer les abris plus près du côté ouest de la culture que du côté est. Les surfaces de pollinisation couvertes par les abris doivent se chevaucher. Les abris placés en bordure des champs forcent les mégachiles à butiner dans une seule direction. Les tentatives en vue de polliniser plusieurs hectares en utilisant un grand abri se sont traduites par une production de semences inégale. Les mégachiles migrent souvent des abris situés au centre du champ vers ceux situés en bordure. Lorsque divers modèles d'abris (ordinaires, à double étage, ou avec prolongements) sont utilisés dans un champ, s'assurer de placer les deux derniers types dans les parties centrales du champ, ou aux endroits où les mégachiles ont tendance à migrer. Garder à l'esprit que la direction des vents dominants influe sur cette migration, en particulier tôt dans la saison. Il peut être nécessaire de placer des ruches supplémentaires dans un abri où les ruches ont migré. On ne peut les forcer à retourner à leur ancien abri en déplaçant la nuit les ruches occupées, car elles retourneront dès le lendemain à leur point de départ.

Pour ce qui est des abris placés le long des fossés d'irrigation, à l'intérieur des champs, les berges du fossé fournissent un sol nu où les mégachiles peuvent se poser et absorber de la chaleur, ce qui tend à influer sur la répartition des butineuses à travers le champ. En outre, on peut desservir ces abris sans avoir à conduire les camions ou les tracteurs à travers les cultures. Lorsque les abris sont placés ailleurs qu'en ces endroits, prévoir une surface de sol nu immédiatement à l'avant de chacun d'eux pour permettre aux mégachiles d'atterrir, de se reposer et d'absorber de la chaleur.

Un bonne pollinisation nécessite généralement quelque 60 000 mégachiles par abri (20 000 par 0,4 ha). Toutefois, le nombre de mégachiles nécessaires pour polliniser une culture varie selon les conditions météorologiques, la quantité de fleurs, le temps passé à voler de fleur en fleur, et le nombre de jours pendant lesquels les fleurs peuvent être pollinisées. Plus les mégachiles disposent de temps de vol, en particulier au cours des 3 premières semaines de la période de pollinisation, moins il en faut. La quantité de fleurs varie en fonction des caractéristiques de la culture, y compris l'âge du peuplement, le cultivar, la densité de plantation, et le régime hydrique (champ irrigué ou non). Par exemple, un peuplement de première année d'un cultivar adapté à la culture sans irrigation, dans un champ où les rangs sont espacés de 2 m, exige beaucoup moins de mégachiles qu'un peuplement de 5 ans d'un cultivar comme le Flemish, placé dans un champ irrigué où les rangs sont écartés d'un mètre seulement.

Les mégachiles doivent être placés dans le champ lorsque la floraison commence. Les femelles pollinisent d'abord les fleurs situées juste en face de l'abri, puis butinent de plus en plus loin par la suite. Ainsi, à mesure que

les jours passent et que de nouvelles fleurs ouvrent, la pollinisation s'effectuent rapidement et la répartition des mégachiles dans le champ devient plus uniforme. Bien que toutes les fleurs visitées ne produisent pas de gousses, la plupart des gousses proviennent de fleurs pollinisées peu de temps après leur ouverture. Un fleuron peut ouvrir en tout temps de la journée. Il demeure ouvert pendant environ une semaine s'il n'est pas pollinisé, mais se fane moins de quelques heures après la pollinisation. Si les mégachiles ne sont pas laissées dans un champ jusqu'au moment de la pleine floraison, qui peut survenir moins d'une semaine après l'ouverture des premières fleurs, de nombreux fleurons risquent de demeurer non pollinisés parce que les mégachiles n'auront pas le temps de les visiter tous.

Contrairement à l'abeille domestique ou au bourdon, qui peuvent butiner plusieurs milles au loin, la découpeuse de la luzerne ne peut voler sur de longues distances. Elle ne butine pas plus loin que ce qui est nécessaire pour s'approvisionner en nourriture. Cela explique pourquoi les rendements en semences culminent juste à l'avant des abris, et décroissent à mesure qu'on s'éloigne de ceux-ci (fig. 16).

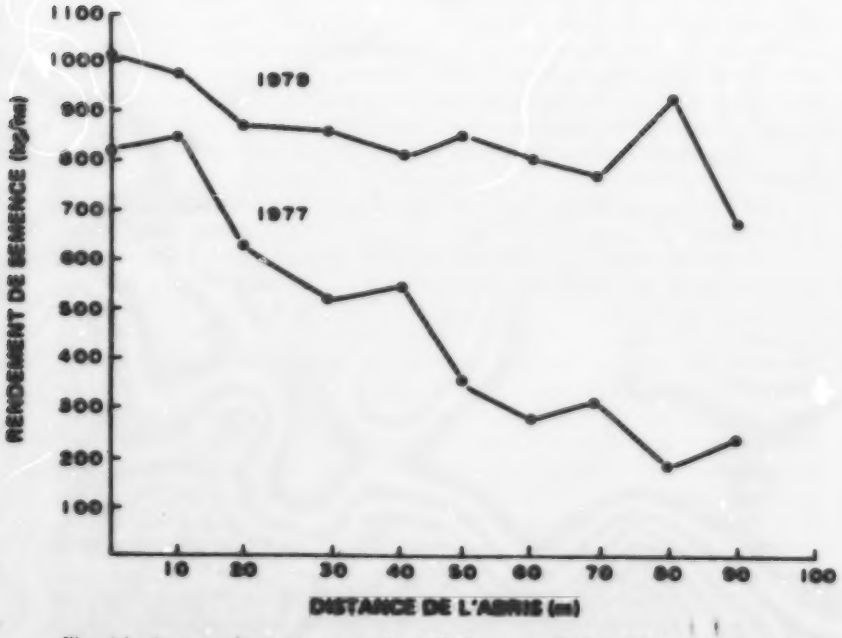


Fig. 16 Les rendements en graines de luzerne diminuent en fonction de la distance par rapport à l'abri.

Lorsque les fleurs sont pollinisées dès leur ouverture, les grappes portent des gousses sur leurs parties inférieures, une bande de un à quatre fleurons ouverts vers le milieu, et des bourgeons fermés au sommet. Il n'y a jamais profusion de fleurs ouvertes dans un champ où la population de mégachiles est optimale et où la pollinisation est bien réglée: celui-ci a plutôt un aspect grisâtre.

Dans l'ouest du Canada, il est rare qu'on ait à déplacer les abris pendant la saison, car celle-ci est trop courte et fraîche pour permettre d'obtenir une nouaison rapide et uniforme, ou de tirer du même peuplement une récolte de fourrage et une autre de graines la même année. Des pertes de mégachiles surviennent lorsqu'on les déménage. Si cela devient nécessaire, on peut limiter les dégâts en déplaçant les mégachiles avec leurs abris et ruches originaux vers un endroit possédant des repères et des silhouettes comparables à ceux de l'emplacement d'origine. Ne les déplacer que sur une faible distance (100 m), et uniquement après que les mégachiles ont appris à s'orienter vers l'abri. Transporter les abris de nuit, pendant une période où les vents sont faibles (moins de 16 km/h), vers un endroit où la floraison est suffisante pour assurer la subsistance des mégachiles.

Seconde génération de mégachiles

En général, dans l'ouest du Canada, on n'obtient qu'une génération de mégachiles par année. Au cours de certaines années exceptionnellement chaudes, près de 25% des mégachiles d'une ruche n'entrent pas en diapause et éclosent de la fin d'août au début de septembre. À cette époque, les possibilités de produire une descendance ou de rendre des graines de luzerne à maturité sont faibles. Les mégachiles qui éclosent avant que les ruches soient retirées des champs produisent peu de cellules. Celles-ci ne parviennent pas généralement à se développer complètement, sans doute parce que les larves ont trop froid pour se nourrir. Les mégachiles qui éclosent après la rentrée des ruches ne tardent pas à mourir.

Les mégachiles de seconde génération proviennent en majorité des cellules terminées tôt dans la saison (fig. 17) et deviennent nettement plus rares par la suite. Les premières cellules sont soumises à un plus grand nombre d'unités thermiques, ce qui explique peut-être la diminution rapide des éclosions chez les cellules plus tardives et illustre l'influence des conditions du milieu sur ce phénomène. Toutefois, environ le tiers seulement des cellules hâtives peuvent produire une seconde génération de mégachiles, même si les conditions sont identiques pour toutes les cellules terminées au même moment. L'hérédité peut aussi jouer un rôle dans l'éclosion d'une seconde génération de mégachiles.

Un pourcentage élevé de tunnels bouchés tôt dans la saison est le fruit de plusieurs longues journées chaudes, pendant lesquelles les butineuses ont pu construire et approvisionner les cellules. Les ruches dont 75% des tunnels sont bouchés après 3 semaines dans les champs doivent être

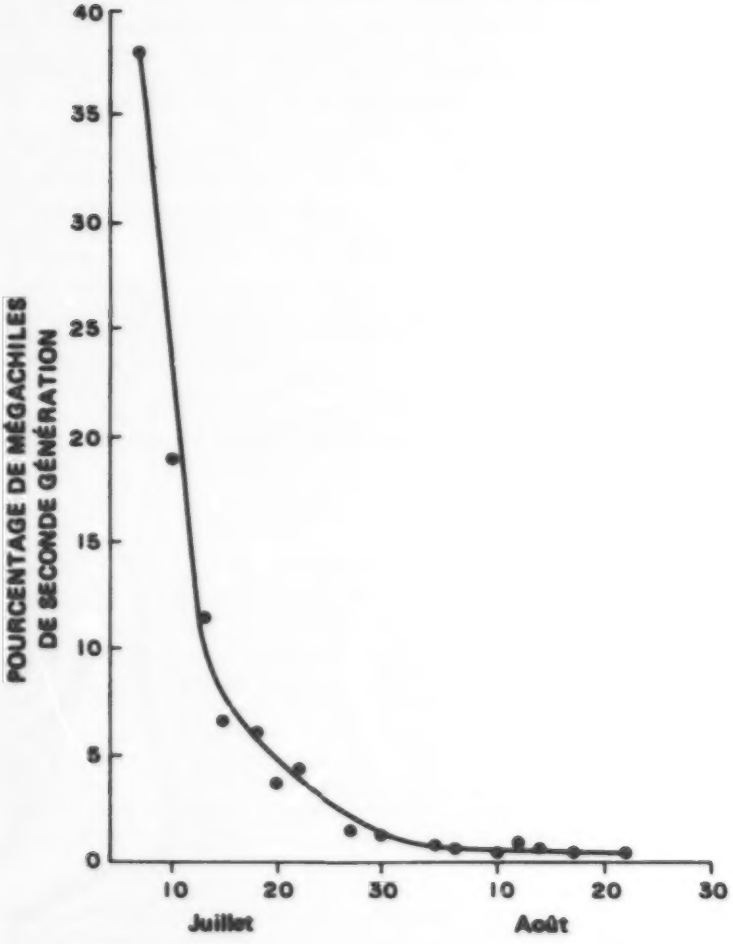


Fig. 17 Des cellules de seconde génération sont produites tôt dans la saison.

ramenées à l'atelier de façon à maîtriser l'éclosion d'une seconde génération. Entreposer les ruches à 20°C pendant 10 à 14 jours pour permettre aux larves immatures de finir de s'alimenter et d'atteindre le stade de la prépupe pour l'hivernage. Le refroidissement graduel des ruches simule les conditions préhivernales et interrompt le développement des larves ou des pupes.

On peut aussi prévenir les pertes dues à l'éclosion d'une seconde génération en retardant l'incubation. Ainsi, si les mégachiles éclosent vers le 1er juillet, il y a peu à craindre qu'une seconde génération partielle survienne. Toutefois, les rendements en graines de luzerne pourront être moindres, faute d'une pollinisation suffisante des premières fleurs.

Rentrée des ruches

Lorsque les ruches sont pleines ou que la saison est terminée, il faut les rentrer et les entreposer dans une pièce ou un bâtiment à chaleur uniforme, jusqu'au moment où les cellules sont suffisamment sèches pour s'enlever facilement des tunnels. Les ruches comprenant 75% ou plus de tunnels bouchés et qui ont été retirées du champ avant le 20 juillet peuvent être remplacées par de nouvelles ruches. Il devrait en résulter une meilleure productivité des mégachiles. En revanche, les ruches mises au champ à la mi-août donnent généralement peu de mégachiles viables. La productivité en fin de campagne subit l'influence de facteurs biologiques, tels que la diminution des populations de femelles, la mortalité accrue des larves immatures parce que les températures fraîches les empêchent de s'alimenter, la migration des populations de mégachiles des abris pleins vers ceux qui le sont moins et la quantité de fleurs disponibles. Lorsqu'une grave infestation d'insectes (p. ex. des criquets) survient au début d'août, une décision difficile s'impose: appliquer un insecticide (pour sauver la récolte de graines) et mettre un terme à l'activité des mégachiles en rentrant les ruches ou renoncer à un tel traitement (pour accroître la productivité des mégachiles, quitte à perdre une partie de la récolte de graines). Le jugement doit se fonder surtout sur des critères économiques, mais on doit aussi tenir compte du déroulement de la campagne, du rendement en semences potentiel et du nombre de femelles restantes. Bien que chaque situation soit différente, il est en général recommandé d'enlever les ruches et de sauver les graines déjà formées.

Les secousses auxquelles sont soumises les ruches lorsqu'on les rentre du champ n'entraînent pas de mortalité importante des œufs ou des larves. Une fois les ruches en entrepôt, on doit les garder à 20°C pendant 10 à 14 jours pour permettre aux larves immatures de continuer de se nourrir et d'atteindre le stade de la prépupe en vue de l'hivernage. On peut ensuite refroidir graduellement les ruches, simulant ainsi les conditions de l'entreposage hivernal, ce qui a pour effet d'interrompre le développement larvaire ou pupal. Certains adultes de seconde génération peuvent éclore et être perdus, en particulier si le temps demeure chaud. Les ruches retirées tôt du champ ont absolument besoin d'un

refroidissement graduel, sans quoi les mégachiles vont éclore, ce qui constitue une perte.

Lorsque de graves problèmes de moisissures sont à prévoir sur les panneaux en polystyrène, les retirer des ruches et les écarter l'un de l'autre avec soin. Cela permettra aux cellules de sécher et freinera le développement des moisissures. Cette pratique n'est toutefois pas recommandée si des infestations de parasites sont également à craindre, car les cellules se trouvent ainsi exposées.

Extracteur de cellules

L'extracteur de cellules (fig. 18) facilite l'enlèvement des cellules de mégachiles des panneaux rainurés, mais il s'agit d'un appareil assez complexe et difficile à construire. Il permet, en moins d'une demi-heure, d'extraire et de préparer pour l'hiver les quelque 20 000 cellules que renferme une ruche de 3000 tunnels fait de panneaux de polystyrène de 30 tunnels. Plusieurs types d'extracteurs de cellules sont disponibles dans le commerce.

L'extracteur manuel peut adopter diverses formes et comprendre des pales manuelles en bois ou en métal. Un modèle de ce type est fait de contre-plaqué, pourvu de déversoirs en aluminium pour les cellules et les panneaux, et comporte une tête amovible munie de dents en goujon.

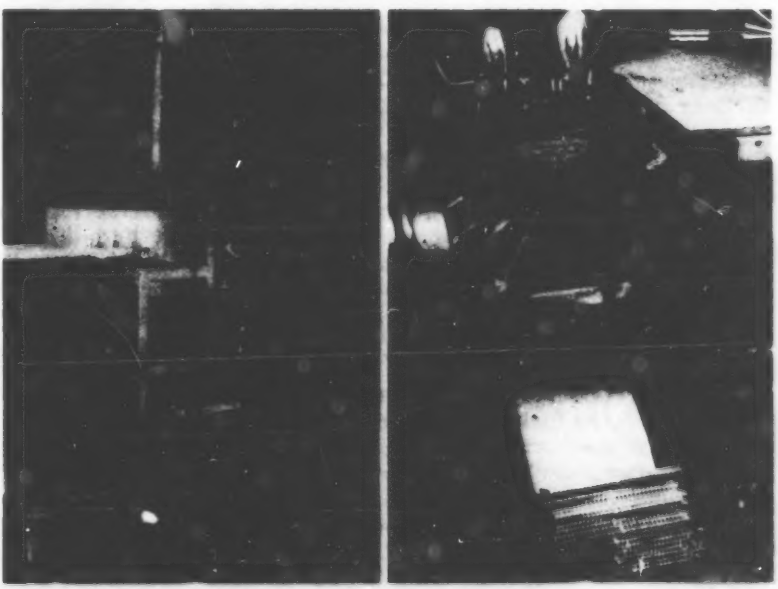


Fig. 18 Extracteurs de cellules: automatique (à gauche) et manuel (à droite).

Séparer avec soin les panneaux rainurés et pousser chaque panneau vers les dents. S'assurer que celles-ci extraient les cellules sans les percer. Si certaines cellules sont détruites, ajuster les cales sur la tête de l'extracteur de façon que chaque dent glisse au fond des rainures. Les panneaux glissent dans le déversoir en aluminium et s'empilent automatiquement contre le mur ajustable de celui-ci. On peut traiter environ le tiers des panneaux d'une ruche avant que la pile devienne trop élevée et qu'il faille replacer les panneaux dans la ruche. Afin de protéger de l'usure l'extracteur de cellules en bois et d'en faciliter la décontamination, revêtir chacune de ces parties de polyuréthane avant et après le montage. On peut au besoin nettoyer l'appareil à la vapeur.

L'extracteur de cellules automatique convient aussi bien pour les panneaux de polystyrène que pour ceux de bois et c'est le modèle qui jouit de la faveur de la plupart des apiculteurs. Un piston fonctionnant à des vitesses variables peut faire passer de 50 à 120 panneaux par minute à travers une tête munie de dents de métal. Les panneaux sont traités, puis remis en place dans leur alignement original. On peut effectuer divers ajustements à la machine pour réduire les problèmes causés par les panneaux gauchis ou bombés. S'assurer que les dents de l'appareil soient bien émoussées, arrondies et toujours propres. Si les dents sont trop acérées et que le matériel s'accumule sur la tête, il y a danger que les cocons soient écrasés ou bosselés, ce qui entraîne d'habitude la mort de la prépupe.

Tambour

On utilise un tambour actionné par un moteur pour éliminer les débris, les insectes qui s'en nourrissent, les prédateurs et les moisissures, une fois que les cellules ont été extraites des panneaux rainurés. Le tambour peut acheminer les cellules nettoyées directement vers les plateaux d'incubation ou les contenants d'entreposage. Le moteur doit être assez puissant pour faire tourner le tambour et propulser les cellules jusqu'à sa mi-hauteur. Pour bien éliminer les débris et les insectes qui s'en nourrissent, il ne faut pas que les cellules soient centrifugées ou acheminées trop rapidement. La figure 19 illustre les parties du tambour à moteur.

Des plans pour un tambour actionné à la main sont disponibles auprès de la station de recherche de Lethbridge. Ce modèle est plus lent que le précédent, mais il permet un meilleur contrôle de la qualité. On utilise parfois un tarare, en particulier pour éliminer les cellules de seconde génération, mais ce procédé n'enlève pas les débris aussi efficacement que le tambour à moteur.

Évacuer les cellules moisies à l'extérieur ou vers un aspirateur, car les spores de moisissure, qui s'échappent en nuages, peuvent causer des allergies. Porter un masque chirurgical lorsqu'on extrait des cellules moisies, en particulier celles provenant de panneaux en polystyrène ou encore lorsque les spores de moisissure ne sont pas chassées par le vent ou un ventilateur à la sortie du tambour. Nettoyer les cellules tant que la plupart

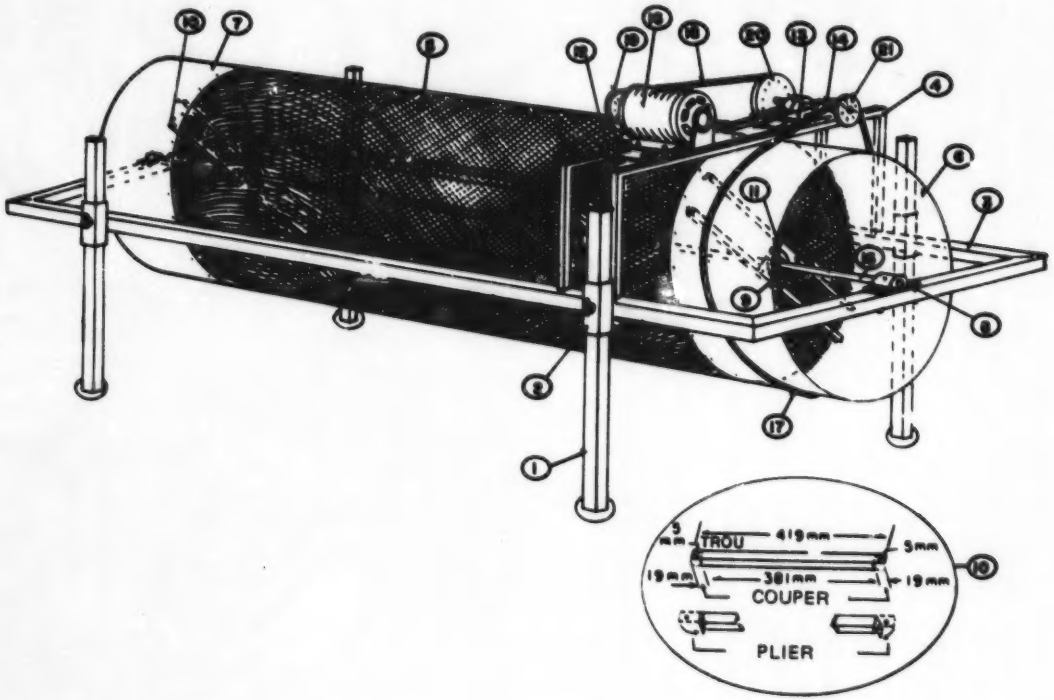


Fig. 19 Plan d'un tambour automatique.

① Quatre pattes: tige d'acier quadrangulaire, 25,4 sur 2,54 mm, 600 mm de longueur; ou tuyau de 33,4 mm.

② Quatre supports de pattes: tige d'acier quadrangulaire, 31,8 sur 2,54 mm, 100 mm de longueur; ou tuyau de 42,2 mm; avec vis d'arrêt pour tenir en place.

③ Cadre: tige d'acier quadrangulaire de 31,8 sur 2,54 mm; deux morceaux de 1855 mm de longueur et deux morceaux de 110 mm de longueur; ou cornière de fer de 38 mm.

④ Cadre pour le moteur et le dispositif de démultiplication: tige d'acier quadrangulaire mince de 15,9 mm ou cornière de 19 mm; deux morceaux de 470 mm de longueur et quatre morceaux de 305 mm de longueur.

⑤ Grillage de métal: ouverture en forme de diamant, 4,75 mm; épaisseur de 0,91 mm (3/16 po calibre 20); feuille de 1200 sur 1200 mm (chevauchement de 20 mm et rivet).

⑥ Bande de métal galvanisé: 1,22 mm (calibre 18) sur 255 mm sur 1200 mm (façonnée de façon à s'ajuster au grillage (détail 5); extrémités soudées).

⑦ Bande de métal galvanisé: 1,22 mm (calibre 18) sur 305 mm sur 1200 mm (façonnée de façon à s'ajuster au grillage (détail 5); extrémités soudées).

⑧ Deux supports de montage solides: faits d'un tuyau de 16 mm de diamètre et de 32 mm de long, soudé à une plaque de 6 mm d'épaisseur, 32 mm de largeur et 65 mm de longueur.

⑨ Deux paliers: autolubrifiants à alignement automatique, calibre de 15,9 mm.

⑩ Quatre rayons: faits de cornières de 16 mm; 420 mm de longueur; voir détail 1 pour la construction.

⑪ Deux plaques: métal galvanisé de 1,22 mm (calibre 18) d'épaisseur, 100 mm par 100 mm; centre enlevé pour recevoir les paliers.

⑫ Plaque pour le support du moteur: métal galvanisé de 1,22 mm d'épaisseur (calibre 18); 150 mm par 200 mm, troué.

⑬ Plaque pour le support du dispositif de démultiplication: métal galvanisé de 1,22 mm d'épaisseur (calibre 18); 127 par 150 mm.

⑭ Dispositif de démultiplication: arbre de 12,7 mm, 255 mm de longueur.

⑮ Arbre d'acier massif de 15,9 sur 1880 mm.

⑯ Moteur: 186 Watts.

⑰ Courroie de machine à coudre.

⑱ Courroie standard en V, de la dimension voulue.

⑲ Poulie, 64 mm.

⑳ Poulie, 203 mm.

㉑ Poulie, 57 mm.

des spores de moisissure n'ont pas été dispersées, et jusqu'à ce que les morceaux de feuilles ou de débris cessent de tomber à travers le grillage. Éviter de nettoyer trop à fond et d'exposer les prépupes. Certains morceaux de feuilles sont nécessaires sur les cellules pour assurer l'éclosion.

Estimation de la production

De nombreux facteurs influent sur la production annuelle de cocons, soit notamment la situation géographique, les pratiques d'élevage, les pratiques agronomiques, les conditions du milieu et le rythme de développement pendant l'été, ainsi que la présence de parasites ou de prédateurs. Il importe de prélever des échantillons et d'effectuer des estimations si l'on veut améliorer les pratiques d'élevage et déterminer le nombre de mégachiles viables et de cellules parasitées, ainsi que la proportion de mâles et de femelles.

Les apiculteurs qui comptent effectuer des ventes de mégachiles au pays ou à l'étranger peuvent soumettre leurs échantillons au Centre canadien d'épreuve de la mégachile, situé à Brooks (Alb.). Celui-ci fournit, à partir de ce matériel, des estimations impartiales et justes afin d'aider les vendeurs à obtenir un prix équitable et les acheteurs à obtenir un produit de qualité. Les apiculteurs qui possèdent peu de mégachiles ou qui n'ont pas besoin du degré de précision offert par le Centre peuvent recourir aux méthodes décrites ci-après. Prélever un échantillon initial de 200 à 300 g, aussi représentatif que possible de l'ensemble de la population. On doit bien mélanger et nettoyer ensemble des cellules provenant de divers abris et de divers champs de luzerne avant de prélever l'échantillon. Les estimations seraient faussées si celui-ci n'était pas obtenu au hasard. De cet échantillon initial, prélever 10 sous-échantillons de 15 g. Le nombre de sous-échantillons et la taille ou le poids de chacun d'eux dépendent du degré de précision souhaité. L'estimation sera d'autant plus précise qu'elle se fondera sur un plus grand nombre de sous-échantillons. Séparer les cocons intacts des autres cellules. À cette fin, presser et rouler entre le pouce et l'index l'extrémité de la cellule où se trouve la tête; en général, une cellule ne renfermant pas de cocon intact s'écrase. Inscrire le nombre de cocons intacts, de cellules incomplètes et de cellules de seconde génération contenus dans chaque sous-échantillon. Calculer le nombre moyen de cocons par 15 g pour les 10 sous-échantillons. Multiplier cette moyenne par 1000 et diviser le résultat par 15 de façon à déterminer le nombre de cocons par kilogramme. On peut ensuite faire incuber tous les cocons intacts afin de déterminer le nombre de femelles et de mâles, de pupes ou de prépupes mortes, et de parasites présents dans chaque sous-échantillon. Une autre façon de déterminer le nombre de prépupes vivantes et de parasites consiste à couper, avec un couteau tranchant, l'extrémité des cocons où se trouve la tête. La proportion des mâles et des femelles ne peut être établie sans un test d'incubation. Vérifier les échantillons chaque jour et inscrire le nombre de parasites, ainsi que les cellules d'où ils proviennent. Éliminer ces parasites car,

autrement, ils vont s'accoupler, anesthésier les occupants des autres cellules, pondre leurs œufs sur ceux-ci et interrompre le développement des larves ou des pupes de mégachiles, faussant ainsi les résultats. Une fois le nombre de mégachiles vivantes établi pour chaque sous-échantillon, calculer la production par kilogramme pour l'ensemble de la population.

Des estimations de la production peuvent être faites en tout temps de l'année. Toutefois, l'incubation est plus rapide au printemps qu'à l'automne. Les registres annuels révéleront si les parasites sont bien enrayés et si les autres pratiques de conduite d'élevage s'améliorent.

Dans les échantillons soumis par les apiculteurs de tout l'ouest du Canada au cours des 10 dernières années, le nombre moyen de cocons par kilogramme était de l'ordre de 8000 (éventail: de 4300 à 10 700/kg) et de 20 à 30% de cellules ne renfermaient pas de cocons intacts. Le contenu des cocons incubés s'établissait comme suit: 33% des femelles, 60% des mâles, 0,5% de chalcis, et 6,5% des prépupes mortes.

Protection des mégachiles

La plupart des insecticides recommandés pour enrayer les ravageurs des cultures fourragères sont nuisibles à la découpeuse de la luzerne. En règle générale, les insecticides appliqués aux cultures pendant la floraison sont les plus toxiques pour les mégachiles. Un empoisonnement de celles-ci peut également survenir lorsque le brouillard de pulvérisation ou des poudres toxiques dérivent vers les cultures adjacentes en floraison. Les mégachiles peuvent s'intoxiquer au contact des résidus d'insecticides sur les plantes, en absorbant ou touchant de l'eau contaminée sur le feuillage ou les fleurs, et en récoltant du pollen ou du nectar contaminé. Diverses méthodes permettent de réduire les risques de destruction des pollinisateurs par les pesticides. Inspecter les champs souvent afin d'y déceler la présence de ravageurs avant le début de la floraison. Lorsque des insecticides sont nécessaires, il est plus efficace de les appliquer à certains stades critiques du développement des ravageurs. On peut utiliser les insecticides les plus toxiques en préfloraison, avant que les mégachiles soient au champ. Si on craint une intoxication de celles-ci par les résidus, il est loisible de prolonger l'incubation le temps nécessaire en abaissant la température à l'intérieur des incubateurs jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de résidus dans le champ. D'autres mesures consistent à n'effectuer les pulvérisations qu'en soirée ou la nuit, lorsque les mégachiles sont au nid, à recouvrir l'avant des ruches ou des abris afin de réduire la dérive du brouillard de pulvérisation vers les tunnels ou à déplacer les mégachiles vers un autre champ.

On a déploré des vols de ruches dans les champs et aussi de cellules entreposées pour l'hiver. On peut les réduire en inscrivant des marques d'identification (par exemple des symboles ou des initiales) à l'avant des ruches, en imprimant des initiales sur les côtés ou, en gravant des symboles ou des initiales, sur les côtés ou sur l'arrière des ruches. Il existe aussi des poussières fluorescentes, des teintures et des pulvérisations que l'on

peut appliquer à l'intérieur des ruches, sur le matériel de nidification, ou mélanger avec les cellules une fois qu'elles sont retirées des ruches. Certains utilisent comme marqueurs des confetti qu'ils saupoudrent à l'intérieur des tunnels de façon à les incorporer aux morceaux de feuilles dans les cellules. Comme mesure de dissuasion, placer un avis sur les abris pour indiquer que le matériel et les mégachiles sont marqués. Vérifier souvent les ruches et les rentrer dès qu'elles sont pleines. Collaborer avec vos voisins en les informant de tout véhicule non autorisé dans leur champ ou près des ruches.

Parasites et prédateurs

Le système d'élevage à cellules libres permet d'enrayer les parasites ou prédateurs naturels qui s'attaquent aux mégachiles ou se nourrissent de denrées stockées. Certains ont allégué que les types de ruches et de panneaux de nidification utilisés, de même que l'incubation des cellules libres sur plateaux, favorisaient l'augmentation des populations d'insectes nuisibles. Or ces critiques se sont révélées sans fondement. Au cours des 10 dernières années, la mortalité imputable aux parasites ou aux prédateurs a représenté moins de 1% de la population totale de mégachiles dans l'ouest du Canada. Le régime intensif d'élevage à cellules libres permet d'enrayer les parasites ou les prédateurs grâce à une construction précise des ruches, à une incubation contrôlée, à l'utilisation de pièges lumineux et à la séparation physique des ravageurs au moment de l'extraction des cellules des ruches et de leur nettoyage subséquent. Les chalcis (fig. 20), en particulier le *Pteromalus venustus*, représentent la plus commune des 21 espèces d'insectes s'attaquant à la découpeuse de la luzerne. Ces ravageurs sont souvent associés aux autres abeilles et aux guêpes indigènes, et les apiculteurs qui ont des populations de mégachiles indigènes plus élevées que la moyenne dans leur exploitation sont les premiers aux prises avec des problèmes d'infestation.

Pteromalus venustus Walker

Le *Pteromalus venustus* est le plus commun des chalcis parasites s'attaquant à la découpeuse de la luzerne dans l'ouest du Canada. Cette guêpe a été accidentellement introduite d'Europe, et elle est probablement arrivée au Canada en même temps que la mégachile. Elle sévit à des degrés divers dans toutes les exploitations apicoles.

La femelle adulte mesure 2,5 mm de longueur, et le mâle, 2 mm. La femelle est noire, avec du brun foncé sur les pattes, et le mâle lui ressemble sauf que sa tête est vert métallique. La femelle est pourvue d'un ovipositeur (organe servant à déposer les œufs) élancé, et ses pattes arrière sont élargies. L'adulte émerge à travers un trou unique qu'il perce dans la cellule de la mégachile. Les mâles éclosent en général avant les femelles.

La femelle du *P. venustus* utilise son ovipositeur pour percer le cocon de son hôte, anesthésier ce dernier et pondre ses œufs. On a observé qu'au

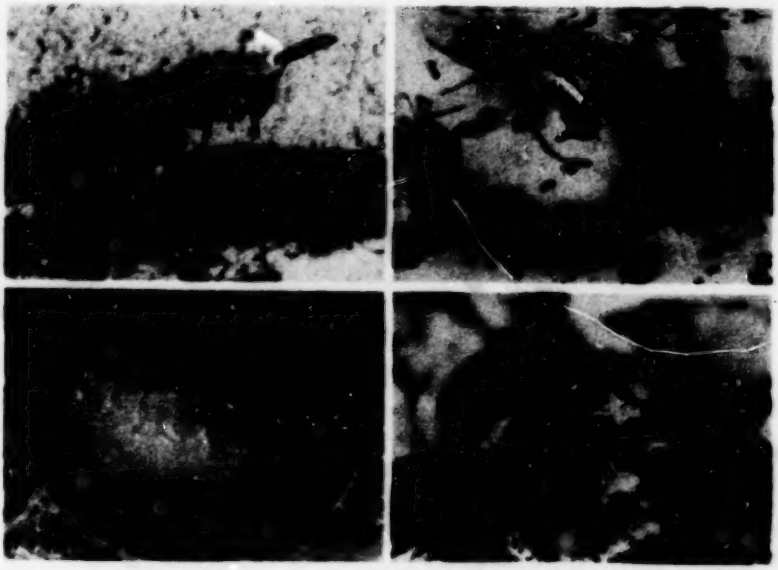


Fig. 20 Chalcis adultes: *Pteromalus venustus* (coin supérieur gauche), *Monodontomerus obscurus* (coin supérieur droit), *Melittobia chalybii* (coin inférieur gauche) et *Dibrachys confusus* (coin inférieur droit).

cours d'une période de 4 heures, une femelle pouvait pondre jusqu'à 110 œufs sur la surface d'une larve de mégachile; toutefois, le nombre d'oeufs pondus est généralement moindre. Les œufs prennent de 1 à 2 jours à éclore, selon la température, et sitôt après les petites larves blanches sans poils s'attaquent à la mégachile et commencent à s'en nourrir. Les larves parasites mesurent environ 2,5 mm de longueur à maturité (fig. 21). On note un taux de mortalité considérable chez les œufs et les larves, en partie à cause du cannibalisme, mais non chez les pupes. La larve peut soit se développer directement jusqu'au stade adulte, soit demeurer au stade de larve adulte et hiverner. Dans ce dernier cas, elle a besoin d'une certaine exposition au froid avant de passer au stade adulte. Il arrive que des adultes et des larves se retrouvent ensemble dans la même cellule. Les parasites adultes éclosent sur une période de 4 jours commençant au 8e ou au 9e jour d'incubation. Le chalcis se développe si rapidement à 30°C, que si on ne l'enraye pas efficacement dès la première éclosion, une seconde éclosion peut survenir avant le moment où les ruches sont mises au champ ou pendant cette opération, ce qui entraîne une autre perte de mégachiles au stade de l'incubation. Le nombre de parasites qui terminent leur développement par cellule dépend du nombre de femelles qui ont pondu leurs œufs dans cette cellule. Lorsqu'une seule femelle est passée, environ 16 adultes (éventail: de 7 à 26) sont produits, mais ce chiffre s'accroît

Fig. 21 Comparaison entre les larves adultes de *Melittobia chalybii* (à gauche), *Pteromalus venustus* (au centre) et *Monodontomerus obscurus* (à droite).

considérablement lorsque plusieurs familles ont pondu leurs œufs, même si le nombre d'adultes par femelle décroît. Le ratio mâles—femelles s'établit en moyenne à 1:3. Les femelles non fécondées ne produisent que des descendants mâles.

Monodontomerus obscurus Westwood

Le *Monodontomerus obscurus* est fort répandu dans les nids de mégachiles indigènes en Amérique du Nord, en particulier là où la découpeuse de la luzerne est utilisée. Au Canada, il était plus commun lorsque les mégachiles étaient importées des États-Unis qu'il ne l'est maintenant.

L'adulte se caractérise par un aspect bleu-vert métallique, luisant, et des yeux rouges. La femelle mesure 3,5 mm de longueur, et le mâle, 2,5 mm. La femelle est pourvue d'un long ovipositeur élancé, et ses pattes arrière sont élargies. Le mâle émerge avant la femelle à travers un trou unique qu'il perce dans le cocon hôte.

La femelle anesthésie la larve de mégachile à l'aide de son ovipositeur, puis pond de 3 à 51 œufs (moyenne de 10) allongés dans l'espace compris entre l'hôte et le mur interne du cocon. La larve du *M. obscurus*, contrairement à celles du *P. venustus* et du *Melittobia chalybii* (fig. 21), est recouverte de quelques poils raides. Ceux-ci aident la larve du premier

stade à atteindre l'hôte. A 30°C, il faut compter en moyenne quelque 20 jours pour que l'œuf devienne adulte. Le ratio mâles—femelles est de 1:3. Le nombre moyen de parasites qui terminent leur développement par cellules de mégachiles est de 10 (éventail: de 3 à 27). Les femelles non fécondées ne produisent que des descendants mâles. Le parasite hiverne au stade de larve adulte, et les adultes éclosent sur une période de 7 jours commençant au 10e jour d'incubation.

Même si ce chalcis est négligé pendant cette période d'éclosion, une seconde éclosion en incubateur est improbable. Toutefois, elle peut se produire dans certains cas, lorsque les plateaux d'incubation sont laissés trop longtemps dans le champ et que leur contenu n'a pas été éliminé. La mégachile peut être attaquée par ce parasite jusqu'à un jour avant son éclosion.

Melittobia chalybii Ashmead

La *Melittobia chalybii* est répandue en Amérique du Nord, où elle parasite surtout les guêpes et les mégachiles indigènes tant solitaires que grégaires, y compris les découpeuses et les bourdons. Bien que la *M. chalybii* soit rarement décelée dans les élevages de découpeuses de la luzerne, la liste de ses hôtes donne à penser qu'elle est présente dans toutes les régions de l'ouest du Canada où la graine de luzerne est produite. Étant donné sa petite taille, sa prolificité et sa capacité de produire plusieurs générations par année, sa présence dans un élevage de mégachiles pourrait constituer une menace sérieuse.

Les adultes mesurent à peine 2 mm de longueur et leur couleur varie de noir à brun foncé. Le mâle est dépourvu d'ailes tandis que la femelle est normale. La cour et l'accouplement se produisent à l'intérieur d'un cocon. Le mâle vit dans le cocon où il est né et ne semble pas être en mesure de voir ni de voler. Bien qu'il puisse sortir par le trou pratiqué par la femelle, on trouve souvent des mâles morts dans les cocons délaissés par les femelles. Les femelles non fécondées pondent parfois quelques œufs, qui deviennent des mâles avec lesquels elles s'accouplent pour produire de nombreux rejetons.

Un jour après l'accouplement, la femelle perce des trous dans les cocons et y pénètre pour anesthésier leur hôte; elle se nourrit du liquide, qui coule de la blessure, et pond ses œufs à la surface de la mégachile. La larve mesure environ 1,5 millimètres de longueur à maturité.

Plusieurs générations par année sont possibles, car à 20°C, l'œuf prend 17 jours pour se transformer en adulte, et les larves n'ont pas besoin d'un traitement au froid pour se développer. Une larve de mégachile peut assurer la subsistance d'environ 175 larves de parasites (éventail: de 74 à 281). La proportion des mâles et des femelles est de 1/27. Heureusement, ce parasite ne survit pas bien à un entreposage frigorifique prolongé.

Dibrachys confusus (Girault)

La *Dibrachys confusus* se rencontre fréquemment au Canada dans les nids de diverses espèces de mégachiles indigènes. Bien que cette guêpe soit reconnue depuis 1967 comme parasite de la découpeuse de la luzerne, on la rencontre rarement. Toutefois, la fréquence des infestations a augmenté ces dernières années, en particulier dans les prairies-parcs de trembles où de nombreuses mégachiles indigènes, dont la *Megachile relativa*, nichent dans des ruches.

La femelle adulte mesure 2,5 mm de longueur, et le mâle, 2,0 mm. Les deux sexes ressemblent au *Pteromalus venustus* par la taille et la forme, sauf que les pattes de la *D. confusus* sont jaune rougeâtre et que la femelle a les ailes antérieures partiellement opaques. On sait peu de choses sur la biologie de cette guêpe. Après éclosion, l'adulte perce un trou unique à travers la cellule de la mégachile. Les mâles éclosent en général avant les femelles, et l'accouplement est précédé d'une danse nuptiale.

La femelle anesthésie son hôte avant de pondre ses œufs. Ceux-ci éclosent après un jour et mettent 15 jours, à 30°C, pour se transformer en adulte. Sur son hôte naturel, soit la *M. relativa*, la femelle engendre 24 adultes (éventail: de 4 à 47) par cellule. La survie des œufs et des jeunes larves sur l'hôte introduit (c.-à-d. la découpeuse de la luzerne) est faible, et seulement 12 adultes (éventail: de 4 à 41) survivent par cellule. Ce taux de mortalité élevé peut résulter d'une nécrose de la mégachile une fois que les jeunes larves ont commencé à se nourrir. En raison de ce handicap, ce parasite ne devrait pas gagner en importance. Le ratio mâles—femelles est en moyenne de 2:1.

Coelioxys, coelioxyde

Trois espèces de *Colioxys* (*sodalis* Cresson, *funeraria* Smith, et *moesta* Cresson) ont jusqu'ici été reconnues comme parasites de la découpeuse de la luzerne dans l'ouest du Canada. Plusieurs autres espèces de cœlioxydes présentes dans cette région se sont également méritées une réputation de parasites aux États-Unis. Bien qu'il demeure relativement rare, ce ravageur est plus commun dans les exploitations apicoles des prairies-parcs que dans celles des prairies en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba.

Le genre *Coelioxys* appartient à la famille des *Megachilidae* ou des découpeuses de feuilles et, ayant évolué à partir de la *Megachile*, il ressemble beaucoup aux mégachiles butineuses. La femelle du coelioxyde est dépourvue de brosses à pollen sous l'abdomen et celui-ci est plus long et plus pointu que celui de la découpeuse de la luzerne. C'est là une adaptation évidente en vue d'insérer les œufs dans les cellules hôtes. Le mâle est plus petit que la femelle et son abdomen plus large est agrémenté de courtes épines distinctes sur le dernier segment. La femelle se reconnaît à son vol rapide en face des ruches de mégachiles, lorsqu'elle tente d'entrer dans les tunnels pour y pondre ses œufs.

La femelle utilise son ovipositeur pour percer la masse de pollen et le revêtement de feuilles à la base ou au bas de la paroi de la cellule, et y

déposer ses œufs pendant que la mégachile femelle est sortie butiner. Seule l'extrémité avant de l'œuf touche la masse de pollen. Une fois la cellule complètement approvisionnée, plus de la moitié de l'œuf du *Coelioxys* est généralement enfoui sous la masse de pollen. L'œuf est incolore et son extrémité avant est gonflée. À l'éclosion, la larve est, dans un premier stade qui dure environ 11 heures, petite et délicate. Elle se nourrit habituellement de pollen. Au stade suivant, elle est allongée et cylindrique, et sa large tête est pourvue de fortes mandibules dures et pointues. Elle possède en outre une paire d'épines dorsales en forme de cornes qu'elle utilise pour creuser à la surface des provisions. Le troisième stade ressemble au précédent et la larve tue en général l'hôte ou les autres larves de son espèce (plusieurs œufs sont souvent pondus dans la même cellule). Aux 4e et 5e stades, la larve n'a plus la tête proéminente ni de longues mandibules et ressemble à celle de la mégachile. Elle se nourrit de pollen sans avoir à rivaliser avec l'hôte ni avec ses compagnes. Une fois son développement terminé, la larve adulte tisse un cocon. Après incubation, les mâles et les femelles éclosent en général quelques jours avant les mégachiles.

Vitula edmandsæ serratilineella Ragonot, pyrale des fruits secs

La pyrale des fruits secs (fig. 22) est une espèce indigène présente partout en Amérique du Nord, où elle s'attaque aux fruits secs, tels que les pommes et les pêches, aux rayons de miel et aux nids de bourdons. Elle est récemment devenue plus fréquente dans l'ouest du Canada, en particulier en Alberta. Les infestations se sont surtout limitées aux aires d'entreposage des ruches, aux incubateurs ou aux ateliers. La pyrale s'observe le plus souvent au stade de larve adulte, lorsque les cellules sont retirées des ruches.

La pyrale adulte est gris clair, avec des marques irrégulières plus foncées sur les ailes. Son envergure est de 20 mm, et son corps mesure environ 15 mm de longueur. La femelle vit environ 17 jours, et le mâle, 10 jours ou moins. Les deux sexes libèrent des phéromones pendant la cour. La femelle commence, 3 jours après l'accouplement, à pondre ses 100 à 325 œufs dans les fentes des ruches de mégachiles. Les œufs de couleur crème éclosent au bout de 4 ou 6 jours, et les jeunes larves commencent à s'alimenter immédiatement. Celles-ci envahissent les ruches par le biais des tunnels non bouchés et des espaces situés le long des parois et à l'arrière. Les tunnels vides sont souvent la voie empruntée pour atteindre l'arrière de la ruche. Il n'est pas rare que les larves immatures s'ouvrent un chemin à travers les parois des tunnels dans les ruches en polystyrène (fig. 22), mais non dans les ruches de bois. Lorsque de nombreux trous sont ainsi pratiqués dans les ruches en polystyrène, cela ouvre la voie aux infestations de chalcis au cours des années subséquentes.

La larve passe par cinq ou six stades sur une période de 30 jours. Elle se nourrit de diverses substances, mais préfère le pollen, les cellules incomplètes, le miel et les larves de mégachiles vivantes aux fragments de

Fig. 22 *Vitula edmandsae serratilineella*: adultes et pupes (coin supérieur gauche), larves (coin supérieur droit) et dommages causés par les larves aux cellules et aux panneaux de polystyrène (au bas).

feuilles et aux mégachiles mortes. Chaque larve consomme les provisions de pollen et de nectar d'environ une cellule durant sa vie. Dans sa recherche de nourriture, elle peut détruire jusqu'à six cocons dans un tunnel. La larve utilise ses propres chiures pour se construire un tunnel dont elle émerge pour se nourrir. Lorsqu'on la dérange, elle se retire immédiatement dans son abri ou se déplace d'une manière irrégulière vers un endroit protégé. La larve adulte (fig. 22) mesure environ 15 mm de longueur; sa couleur va du blanc au rose pâle, et sa tête est brun foncé. Les larves adultes ont tendance à quitter les tunnels et leur source d'alimentation avant l'hivernage et à s'agglomérer en grappes de plusieurs centaines dans un endroit abrité. Ces grappes sont souvent situées dans les espaces entre les ruches. Les larves adultes, qui ne sont pas éliminées pendant le nettoyage des cellules, tissent des fils qui font s'agglomérer des masses de

cellules pendant l'entreposage d'hiver et dans les plateaux d'incubation. La pupaison dure environ 11 jours; elle se produit généralement au début du printemps, mais peut survenir à l'automne si la température de l'atelier est élevée. On peut transporter les œufs ou les jeunes larves au champ avec les ruches. Lorsque les conditions du milieu sont favorables, plusieurs générations par année sont possibles.

Nemognatha lutea Le Conte, némognathe brun

Le némognathe brun est une espèce indigène souvent associée aux grandes mégachiles indigènes dans le sud-ouest de la Saskatchewan et le sud-est de l'Alberta. Il est plus fréquent dans les régions adjacentes à la prairie sauvage que dans les régions cultivées. Il consomme de une à trois cellules, selon la taille de l'hôte, pour effectuer son développement complet.

L'adulte se caractérise par des ailes antérieures durcies, de couleur jaunâtre, et sa taille varie de 7 à 15 mm de longueur selon la quantité de nourriture disponible. Il s'observe souvent sur les capitules de chardons, de tournesols ou d'achilée mille-feuille. La femelle pond des masses de quelque 200 œufs jaunes à la base des bourgeons et des fleurs de la plante hôte. L'éclosion donne une larve brun foncé de 1 mm de longueur, pourvue de trois pinces sur chacune de ses pattes. Elle guette les mégachiles et utilise ses pinces pour s'attacher à cette dernière lorsqu'elles butinent. Lorsque la mégachile retourne à son nid, la larve se détache d'elle et commence à se nourrir des provisions de pollen, de miel et des œufs de mégachiles. Au stade suivant, la larve est blanc crème avec la tête brun clair et mesure environ 20 mm de longueur à maturité. Son développement est rapide lorsqu'elle a accès à des provisions convenables. Après avoir consommé le pollen d'une cellule, elle en envahit une ou deux autres. Elle hiverne le plus souvent au stade de coarctate, qui est une larve adulte dure, brun foncé, en forme de cocon (fig. 23). Peu d'entre elles survivent au nettoyage des cellules, car il semble que le bris de leur mince membrane protectrice entraîne leur dessiccation. En incubateur, l'adulte éclos tout juste avant la mégachile.

Insectes ravageurs des denrées stockées

Parmi les ravageurs des denrées stockées qui parasitent la mégachile, mentionnons le cucujide dentelé des grains, l'*Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus); le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Herbst); le cucujide roux, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens); le tribolium noir, *Tribolium audax* (Halstead); le trogoderme glabre, *Trogoderma glabrum* (Herbst); le tribolium brun de la farine, *Tribolium confusum* (Duval) et les ptines, *Ptinus* sp. Ces insectes sont cosmopolites et se rencontrent couramment dans les ruches de mégachiles, les incubateurs et les aires de travail. Aucun n'est un destructeur important des nids de mégachiles. Les adultes et les larves sont surtout attirés par le pollen, mais pour s'en procurer, il leur arrive de percer les cocons et de tuer les larves. La plupart de ces

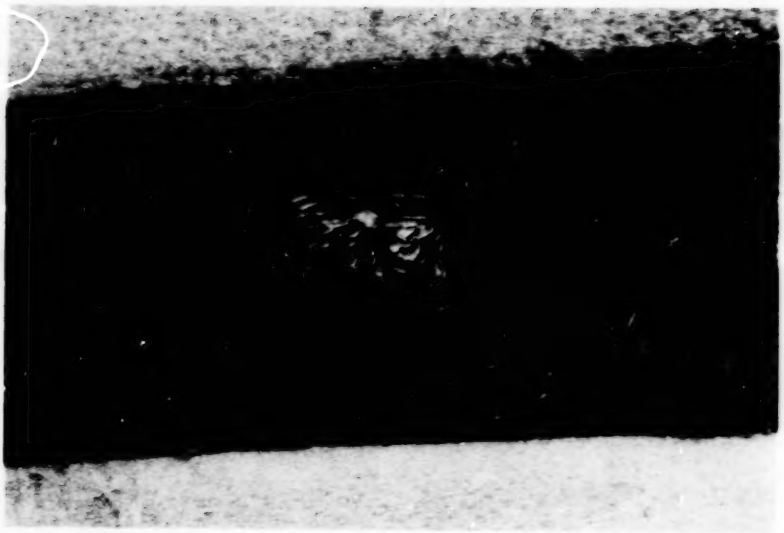


Fig. 23 Pupe de *Nemognatha lutea* dans les cellules.

coléoptères peuvent se nourrir à basse température, sont très prolifiques et produisent plus d'une génération par année. Leur présence résulte souvent d'un laisser-aller dans les pratiques d'assainissement ou du fait que les ruches sont entreposées près de bâtiments infestés, tels que des silos à grains vétustes ou inutilisés.

Autres parasites et prédateurs

Un nombre considérable d'autres insectes sont associés à la mégachile dans l'ouest du Canada. Toutefois, ils sont peu abondants et ne deviennent jamais des ravageurs importants de la découpeuse de la luzerne, que ce soit au champ, à l'incubation ou pendant l'entreposage. De ce groupe, on estime que le *Trichodes ornatus* Say est celui qui pourrait présenter le plus de danger pour la mégachile. Il se rencontre en Colombie-Britannique, le long des contreforts des Rocheuses, et dans le nord de l'Alberta, mais non dans les Prairies. Il a régulièrement causé des dommages importants dans les états côtiers du nord-ouest des États-Unis. Une seule larve consomme huit cocons et en détruit plus de 20. Deux guêpes parasites, la *Sapyga pumila* Cresson et la *Leucospis affinis* Say, n'ont été observées que dans la vallée de l'Okanagan en Colombie-Britannique. Il s'agit sans doute d'un prolongement de leur aire de distribution dans l'État de Washington, où les deux représentent des ravageurs importants.

La larve de la guêpe consomme généralement la larve de la mégachile et les provisions de la cellule. Deux mouches, soit l'*Anthrax irroratus* Say et la *Physocephala texana* (Williston) (de la famille des conopidés) sévissent surtout dans les Prairies. La première se nourrit des larves de mégachiles dans les tunnels. La pupe se caractérise par une tête pourvue de deux épines, qu'elle utilise pour pénétrer dans la cellule de la mégachile avant l'éclosion de l'adulte. La femelle conopidée adulte capture la mégachile femelle en train de butiner et y dépose ses œufs. La larve qui en sort pénètre à l'intérieur de la mégachile et consomme ses organes internes. La dépouille se reconnaît à son abdomen allongé qui renferme la pupe de la mouche. Cette mouche est probablement l'un des principaux ravageurs des populations de mégachiles au butinage. Parmi les autres insectes qui se rencontrent sporadiquement, mentionnons les fourmis, les libellules, les guêpes jaunes, les forficules, et les acariens qui se nourrissent de pollen.

Moyens de lutte

Divers moyens de lutte antiparasitaire conviennent au système d'élevage à cellules libres. Les méthodes visant à limiter le nombre de parasites qui entrent dans les ruches sont décrites à la section qui traite de la construction de ces dernières. Pendant l'incubation, l'utilisation de lumières noires (à l'ultra-violet) pour attirer les parasites vers un piège à eau est essentielle. Les lumières ultra-violettes sont plus attrayantes pour les parasites que les lumières incandescentes. Choisir par exemple une ampoule Canadian General Electric F20T12/BLB dans une lampe CS 6024 ou l'équivalent. La durée utile nominale de ces lampes est d'environ 7500 heures, mais elle se trouve grandement réduite par les allumages répétés. Si les lampes semblent sombres ou n'attirent plus les parasites, il faut les remplacer. Les lumières ultra-violettes et les bassins d'eau sont généralement placés sur le plancher, entre les étagères. Il est plus facile pour les parasites de sauter vers les lumières que de voler vers elles. Dans les grandes pièces à température contrôlée, on doit prévoir plusieurs ensembles de lampes ultra-violettes et de bassins d'eau. L'addition de détergent à l'eau en réduit la tension superficielle, de sorte que les parasites se noient rapidement. Une lumière ultra-violette et un bassin d'eau doivent être en place de mai à novembre dans l'atelier. On attirera et éliminera ainsi les insectes qui s'échappent de l'atelier, ainsi que ceux qui éclosent dans les ruches ou sont transportés avec les ruches lorsqu'on les rentre des champs.

Le passage régulier d'un aspirateur de maison sur les murs et les planchers de l'incubateur, l'avant des plateaux d'incubation et les étagères dans l'incubateur élimine efficacement les chalcis. Lorsqu'on utilise un appareil assez puissant, on peut parfois aspirer les guêpes à travers le grillage du plateau d'incubation. Pour plus d'efficacité, passer l'aspirateur plusieurs fois par jour lorsque les parasites éclosent.

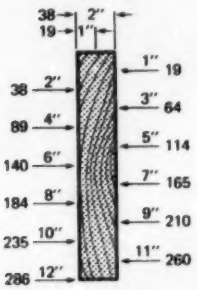
L'utilisation de plaques insecticides dans les incubateurs est efficace pour enrayer les chalcis. Il faut installer la plaque dès que les premiers

parasites éclosent et la laisser dans la pièce pendant environ 4 jours ou jusqu'à la fin de l'éclosion. Les parasites devraient commencer à périr dès qu'ils sont exposés aux effluves de la plaque. La circulation de l'air peut rendre difficile l'obtention de concentrations de vapeurs assez élevées pour détruire les parasites dans les incubateurs. Placer des plaques supplémentaires dans les incubateurs où l'air se renouvelle rapidement; le taux de circulation de l'air varie pour chaque incubateur. On doit se montrer prudent dans l'utilisation de ces plaques, car une exposition prolongée à des concentrations élevées peut entraîner la mort des mégachiles. En outre, les vapeurs émanant de la plupart des plaques adhèrent facilement aux surfaces organiques (par exemple les plateaux d'incubation en bois) et à mesure qu'elles sont libérées, des pertes de mégachiles peuvent survenir. Une fois la plaque enlevée, ouvrir la porte de l'incubateur et faire circuler l'air à l'aide de ventilateurs pendant au moins 24 heures avant de reprendre l'incubation. N'exposer les mégachiles aux effluves des plaques qu'une seule fois.

Les insecticides sous pression, les appâts, les papiers collants, les peintures, les bains d'huile ou la graisse sont plus ou moins efficaces pour enrayer les chalcis et les autres ravageurs dans un incubateur. Il en va de même de la pratique consistant à recouvrir les plateaux d'incubation de perlite, de vermiculite ou de bran de scie en vue de protéger les cocons des parasites. Ce matériel, et en particulier la perlite, doivent être retirés des plateaux, et il faut de nouveau nettoyer les cellules à fond. Cette mesure supplémentaire doit être prise avant l'éclosion des mégachiles, car ces substances empêchent l'éclosion, et la perlite adhère aux brosses à pollen des femelles.

DIMENSIONS DU BOIS DE SCIAGE

(conversion approx.)



CONTRE-PLAQUÉ DE CONSTRUCTION

taille d'un panneau 1 200 x 2 400 mm

impériales (nom.)	métriques (réel)	
	sablé	revêtement
1/4"	6 mm	–
5/16"	–	7,5 mm
3/8"	8	9,5
1/2"	11	12,5
5/8"	14	15,5
3/4"	17	18,5

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 0,035	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tonnes à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre